Zamin Azmoon Group

سنگ‌شناسی آذرین

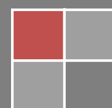
آمادگی آزمون کارشناس‌ارشد و دکتری زمین‌شناسی

دکتر رامین صمدی

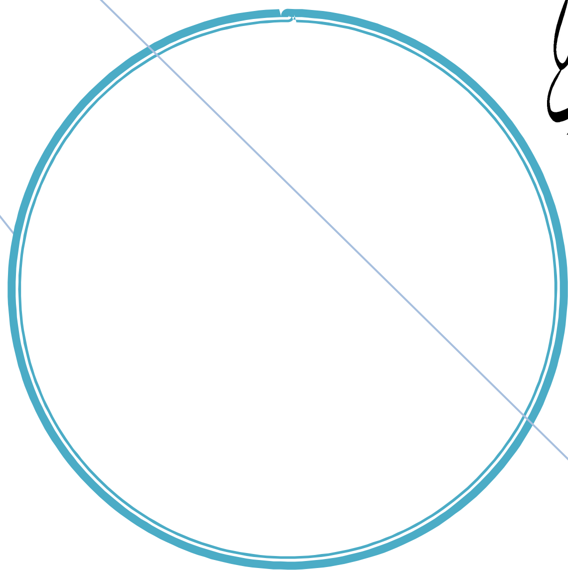
گروه آموزشی و پژوهشی زمین آزمون

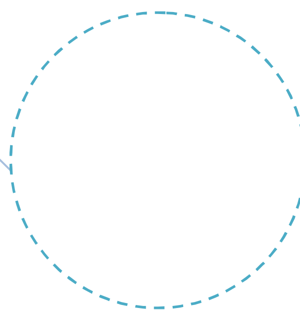
Dr. Ramin Samadi

www.zaminazmoon.com



بسم الله الرحمن الرحیم









سنگ‌شناسی آذرین

جزوات آمادگی آزمون کارشناسی‌ارشد و دکتری زمین‌شناسی

تألیف: دکتر رامین صمدی

بسمه تعالی

پیامبر خدا (صلی الله علیه و آله و سلّم) فرمودند:

هرگاه مؤمن یک برگه که روی آن علمی نوشته شده باشد از خود برجای گذارد، روز قیامت آن برگه پرده میان او و آتش می شود و خداوند تبارک و تعالی به ازای هر حرفی که روی آن نوشته شده، شهری هفت برابر پهناورتر از دنیا به او می دهد.

سلام علیکم؛

ایزد دانا را سپاس می گوییم که ما را یاری بخشید تا بتوانیم در زمینه تحقق آرمان های علمی و میهنی خویش، گامی دیگر برداریم. «زمین آزمون» با هدف ایجاد بانک اطلاعاتی جزوات آمادگی آزمون کارشناسی ارشد و دکتری زمین شناسی و نیز کمک به دانشجویان و محققین این رشته در سال ۱۳۸۶ آغاز به فعالیت نمود. در این راه استادان و دانشجویان و پژوهشگران محترمی با هم فکری خود به ما یاری رسانده اند که اگر این هم فکری و کمک ها نبود شاید این مهم ناتمام می ماند.

اکنون به پاس ۱۰ سال تلاش صادقانه گروه آموزشی و پژوهشی زمین آزمون، هزاران امید و تلاش به ثمر نشسته است و فرهیختگان بسیاری همراه ما با موفقیت در دوره های کارشناسی ارشد و دکتری زمین شناسی تحصیل نموده اند. برای پاسداشت علم و ترویج علم مقدس زمین شناسی، گروه زمین آزمون کلیه جزوات آمادگی آزمون کارشناسی ارشد و دکتری زمین شناسی خود را به صورت وقف عام به همه فرهیختگان جامعه علمی زمین شناسی ایران تقدیم می نماید. شایسته است از زحمات آقای مهندس مجتبی رجبی، خانم دکتر نرگس شیردشت زاده، خانم مهندس یسترا محمودزاده، آقای مهندس رسول صادقی و دیگر بزرگواران تقدیر گردد. بی گمان این مجموعه از کاستی ها و نواقص احتمالی مبری نیست ولی می تواند مسیری روشن را پیرامون داوطلبان محترم و پژوهشگران گرامی بگشاید. پیروزی و موفقیت شما را در تمامی آزمون های زندگی آرزومندیم.

مدیر گروه مؤلفین زمین آزمون

دکتر رامین صمدی

سنگ‌شناسی آذرین

✓ سنگ‌های آذرین و دگرگونی تقریباً ۲۵٪ از سنگ‌های پوسته زمین را در برمی‌گیرند و در قسمت داخلی زمین گسترش آن‌ها حدود ۹۵٪ است.

✓ **ماگما:** به مواد مذاب و داغی که از ذوب سنگ‌ها در درون زمین به وجود می‌آیند و از کانی‌های مختلف سیلیکاته، بخار آب و co_2 و گازهای دیگر تشکیل شده است.

✓ سنگ‌های آذرین را یا بر اساس روابط مکانی یا میانگین اندازه دانه‌ها و بلورهای آن معمولاً به ۳ گروه به شرح زیرتقسیم می‌کنند.

۱- **درونی (Plutonic)**: در عمق زمین متبلور می‌شوند. میانگین اندازه بلورها 5 mm < (دانه‌درشت) و یا بین mm ۱ تا ۵ (دانه‌متوسط) است.

۲- **نیمه عمق (Hypabyssal)**: در عمق کم متبلور شده و میانگین اندازه بلورهای آن به mm ۰/۵ تا ۱ می‌رسد.

۳- **آتش‌فشانی (Volcanic)**: این سنگ‌ها بر اثر فوران مواد مذاب در سطح زمین تشکیل می‌شوند که میانگین اندازه بلورهای آن ها mm ۰/۵ > است.

❖ عناصر مهم سنگ‌های آذرین:

✓ هنگامی که یک سنگ آذرین تجزیه شیمیایی می‌گردد به این عمل اصطلاحاً Norm می‌گویند.

✓ در اثر تجزیه اکسیدهای مهم Al, Mg, K,Na, Fe,Ca, Ti, Si محاسبه می‌گردد.

✓ با توجه به این عناصر و اکسیدهای تشکیل‌دهنده آن تقریباً ۴۸٪ از سنگ‌های پوسته زمین از اکسیژن، ۲۷٪ از سیلیس و ۸٪ از آلومینیم تشکیل شده و مابقی عناصر به نسبت کمتری در سنگ‌ها وجود دارند.

❖ سنگ‌های آذرآواری یا پیروکلاستیکی:

✓ سنگ‌هایی هستند رسوبی - آذرین: (هنگامی که مواد جامد آتش‌فشانی از درون زمین بالا آمده و در محیط دریایی همزمان حرارت خود را از دست می‌دهند و در محیط آبی ته‌نشین می‌گردند که به‌وسیله سیمان Si محکم شده و بافت آذرآواری می‌یابند).

✓ تقسیم‌بندی سنگ‌های پیروکلاستیکی بر مبنای شکل و اندازه قطعات پیروکلاست:

اندازه قطعات	پیروکلاست	قطعات گرد شده	قطعات زاویه‌دار
۲۵۶-۳۲ mm	بلوک و بمب	آگلومرات	پیروکلاست برشی
۳۲-۴ mm	لاپیلی	توف لاپیلی	لاپیلی‌ستون برشی
۴-۲ mm	خاکستر دانه درشت	توف دانه درشت	
۰/۲۵-۰/۰۶۲۵ mm	خاکستر دانه ریز	توف دانه‌ریز	

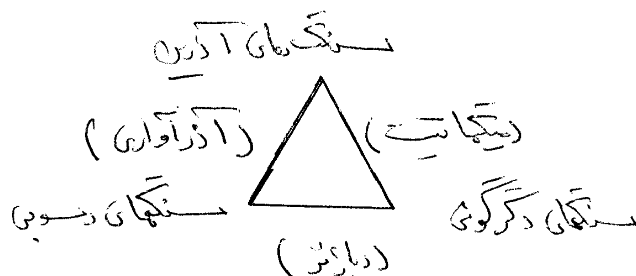
☜ **نکته:**

- **کنگلومرا:** قطعات گراول
- **آگلومرا:** قطعات آتش‌فشانی

- **فنگلومرا:** رسوبات رود فصلی که سخت شده‌اند

× میگماتیت:

✓ سنگ‌هایی هستند مابین دگرگونی – آذرین: (تزریق ماگمایی گرانیتی در سنگ‌های شیستی را می‌گویند).



× سنگ‌های هم‌خون یا کوماگماتیک:

✓ کانی‌شناسی و نوع ماگمای آن یکسان ولی عمق تشکیل (و درنتیجه بافت) آن‌ها متفاوت است.

× تقسیم ماگما بر اساس میزان گازها:

۱- **هیپوماگما:** حاوی گاز فراوان

۲- **پیروماگما:** پر گاز و کف، همراه با گازهای آزاد شده بدون خروج از ماگما

۳- **اپی ماگما:** فقیر از گاز

× رابطه عمق با مواد درون ماگما: $\dfrac{Feo, Mgo, Tio_2, {}^{H}/_{H_2o}, {}^{co}/_{co_2}}{Sio_2, H_2o}$

× نکته:

میکاشیت < گنایس< میگماتیت < گرانیت آناتکسی

کاهش شدت دگرگونی ⟵

گرانیت آناتکسی: گرانیت سفیدرنگ فاقد کانی تیره

× موبیلیزاسیون: تحرک کانی‌های زود ذوب

× تقسیم انواع ماگما:

۱- **ماگمای اسیدی:** A: کوارتز بالا ۲۰٪ ↑، B: غلیظ با گرانروی زیاد، C: سبک و وزن مخصوص کم با رنگ روشن، D: آب بیشتر نسبت به ماگمای بازی، E: عمق کمتر تشکیل.

۲ – **ماگمای بازی:** A: کوارتز کم، B: وزن مخصوص زیاد، C: ماگما رقیق است، D: آب کم، E: عمق بیشتر، F: رنگ تیره سنگ‌ها

× ترکیب شیمیایی ماگماها:

۱) $Si > 62\%$: ماگمای اسیدی

۲) $52\% < Si < 62\%$: ماگماها یا سنگ‌های حد واسط

۳) $45\% < Si < 52\%$: ماگمای بازیک

۴) $Si \le \%45$: ماگمای الترابازیک

- **منشأ ماگماها:**

۱- منشأ اولیه یا آذرین (I) $\Leftarrow 0/7 \rangle \frac{Sr87}{Sr86}$

۲- منشأ ثانویه یا رسوبی (S) $\Leftarrow 0/7 \langle \frac{Sr87}{Sr86}$

- **نکته:** عمق ماگما با درصد Feo, Mgo, Tio_2 و میزان $\frac{H}{H_2o}, \frac{Co}{Co_2}$ نسبت مستقیم دارد.

- **مخفف کانی‌ها:**

پلاژیوکلاز $\Leftarrow$ Plg	پیروکسن $\Leftarrow$ Px	ارتوکلاز $\Leftarrow$ Or	سرپانتین $\Leftarrow$ Serp	مسکوویت $\Leftarrow$ Mus
کوارتز $\Leftarrow$ Qtz	فلدسپات آلکالن $\Leftarrow$ F	میکروکلین $\Leftarrow$ Mic	بیوتیت $\Leftarrow$ Bio	سانیدین $\Leftarrow$ San
الیوین $\Leftarrow$ Ol	فلدسپاتوئید $\Leftarrow$ f	هورنبلاند $\Leftarrow$ Hbl	آمفیبول $\Leftarrow$ Amp	نفلین $\Leftarrow$ Ne
لوسیت $\Leftarrow$ Lus	کلریت $\Leftarrow$ Chl			

- **سری واکنش بوون:**

✓ تبلور ماگما بر طبق واکنش بوون به وزن مخصوص و درجه حرارت ذوب و تبلور کانی‌ها بستگی دارد.

✓ ناشناخته‌های سری باون: Amp → Px؛ Bio → Amp (به علت عدم تعیین فشار اکسیژن).

۱) سری ناپیوسته:

Qtz ← Mus ← Or ← Bi ← Amp ← Px ← Ol

۲) سری پیوسته:

$$or(K) \xleftarrow{(K+Na)} p\lg(Na) \xleftarrow{(Na+Ca)} p\lg(ca)$$

- **مراحل تبلور ماگما:**

➢ **دونیت** یا الیوینیت ← سنگی که از تبلور فقط Ol بوجود آمده

Ol + مایع غنی از SiO_2 ← Px

➢ **پریدوتیت** ← سنگ شامل کانی‌های (Px+Ol)

در این مرحله Plg(ca) متبلور می‌شود (به علت وزن مخصوص بالاتر Ca).

Px + مایع غنی از SiO_2 ← Hbl.

➢ **گابرو** ← سنگ شامل کانی‌های Plg (Ca) +Hbl+Px

Hbl + مایع غنی از SiO_2 ← Bio

Plg (Ca) + مایع غنی از SiO_2 ← Plg (Na+Ca)

Bio + مایع غنی از SiO_2 ← Mus+Qtz+Ort

➢ **گرانیت** ← سنگ شامل کانی‌های Plg (Na+Ca)+ Mus+Qtz+Ort

- شرایط تبلور Bio:

اگر آب ماگما کمتر از ۱/۲٪ ← تبلور بعد از کوارتز

اگر آب ماگما بین ۱/۲ تا ۳٪ ← بعد از فلدسپات آلکالن

اگر آب ماگما بیشتر از ۳٪ ← قبل از فلدسپات آلکالن

- تحت فشار بخار آب اگر:

۱- فشار پایین ← Plg قبل از Hbl

۲- فشار بالا ← Hbl قبل از Plg

- توالی آگپائی تیک:

اگر در یک ماگما $Na_2o + K_2o \geq Al_2o_3$ باشد، توالی باون عکس می‌شود که در آن فلدسپات آلکالن مقدم بر Px و Amp تشکیل می‌شود.

- **مراحل انجماد ماگما:**

۱- **ارتوماگماتیک**: تشکیل سیلیکات‌ها (از Ol تا Qtz)

۲- **پگماتیتیک**: مواد باقی‌مانده به سمت بالا حرکت (فشار کم) که به‌صورت کانی پنوماتوژن دیده می‌شوند (تشکیل رگه پگماتیت یا آپلیت).

۳- **پنوماتولیتیک** یا دو ترکیب: گاز و بخار موجود سبب تخریب در سیلیکات‌ها می‌شود.

گریزن ← مجموعه‌ای از Mus+Qtz

۴- **هیدروترمال** یا گرمابی: آب داغ پایین‌تر از نقطه بحرانی با Co_2 است، Plg تبدیل به سریسیت، آلبیت، کلسیت، کوارتز، کلریت و اپیدوت (مجموعه سوسوریت) می‌شود. Px تبدیل به اورالیت (Amp) می‌شود.

- **انجماد ماگما:**

۱- **انتراتلوریک**: تبلور کانی‌های دارای نقطه انجماد بالا در اعماق

۲- **افوزیف**: انجماد باقی‌مانده مذاب در سطح زمین

- **اختلاط یا آلایش ماگما:** ایجاد سنگ‌های دورگه که به این عمل هیبریداسیون گویند.

- **تبلور غیر تعادلی:** بر اثر افزایش فشار بخار آب سبب ایجاد زوناسیون Plg می‌شوند.

عمل هضم یا آسیمیلاسیون ماگما: هضم مواد سرراهی در خود ماگما را گویند که به جسم بیگانه هضم نشده زینولیت (گزنولیت) یا آنکلاو گویند.

- **کانی‌های پیروژن و پنوماتوژن:**

کانی‌های پیروژن فاقد آب بوده (Ort,Px, Olv) که در اثر جذب آب به پنوماتوژن یا دوتریک یا کانی آبدار تبدیل می‌شوند. مثلاً:

۱- Hbl یا Bio ← Px

۲-Tur یا Mus ← Or

اشکال توده‌های نفوذی آذرین:

الف) توده‌های هم‌شیب یا موازی

۱- **سیل:** توده بازالتی هم‌شیب

۲- **لاکولیت:** توده نفوذی قارچی شکل

۳- **لوپولیت:** توده نفوذی مقعر شکل

۴- **بیسمالیت:** نوعی لاکولیت که قسمت فوقانی آن مسطح است.

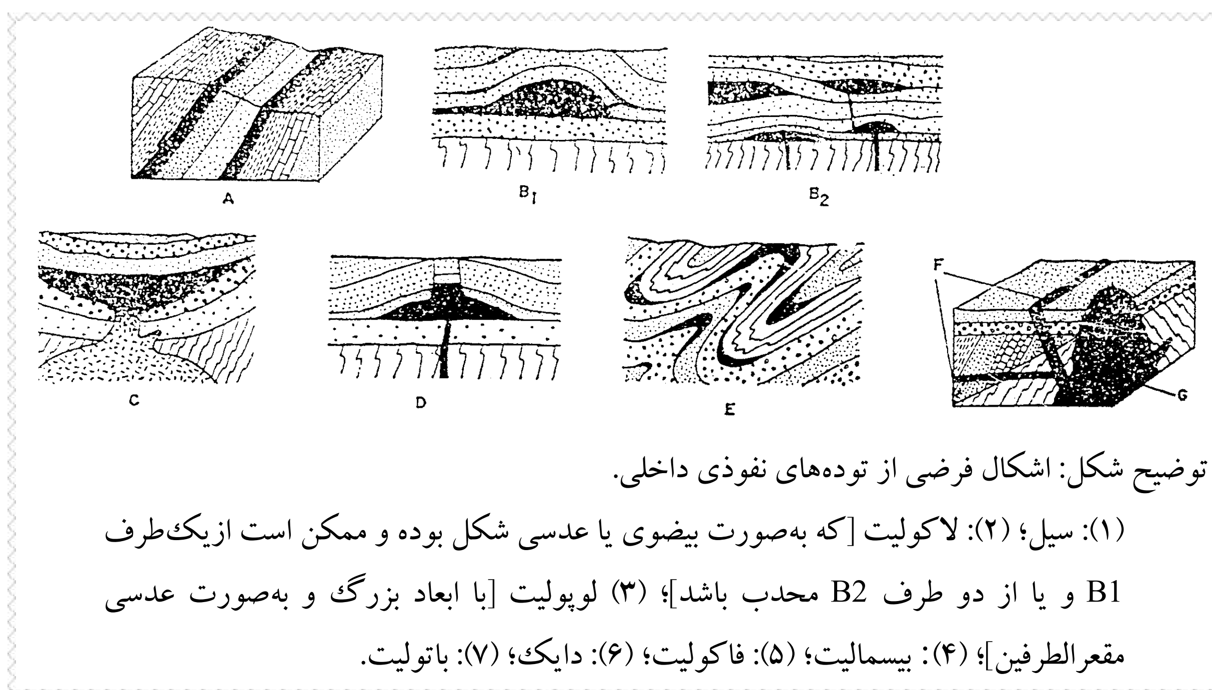
۵- **فاکولیت:** توده‌ای تزریقی در چین، تاقدیس و ناودیس

ب) توده‌های ناهم شیب یا متقاطع

۱- **دایک:** توده اسیدی متقاطع

۲- **باتولیت:** توده‌ای بزرگتر از $۱۰۰Km^۲$

۳- **استوک یا بس:** توده‌ای کوچک‌تر از $۱۰۰Km^۲$



توضیح شکل: اشکال فرضی از توده‌های نفوذی داخلی.
(۱): سیل؛ (۲): لاکولیت [که به‌صورت بیضوی یا عدسی شکل بوده و ممکن است ازیک‌طرف B1 و یا از دو طرف B2 محدب باشد]؛ (۳) لوپولیت [با ابعاد بزرگ و به‌صورت عدسی مقعرالطرفین]؛ (۴): بیسمالیت؛ (۵): فاکولیت؛ (۶): دایک؛ (۷): باتولیت.

نکته:

دایک حلقوی ← انحناء به بیرون

دایک مخروطی ← انحناء به داخل

انواع بافت‌های سنگ‌های آذرین:

- **آفانتیک**: ریزدانه (مانند اسلیت)
- **فانریتیک**: درشت‌دانه (مانند شیست)

بافت: شکل و اندازه دانه‌ها:

- اندازه بلورها:
  - بلورها درشت: **فنوکریست** یا **فنوکریستال**
  - بلورهای ریز: **میکرولیت**
- شکل بلورها:
  - بافت **ایدیومورفیک**: شکل دار (لامپروفیر)
  - بافت **هیپ ایدیومورفیک**: نیمه شکل دار (گرانیتی)
  - بافت **گزنومورفیک**: بی‌شکل (آپلیت)

بافت‌های آذرین درونی:

❁ **گرانولار** یا **دانه‌ای** یا **دانه‌درشت** یا **فانریتیک**: مختص درونی‌ها است.

- بافت لامپروفیریک: بلورهای شکل دار در لامپروفیر
- بافت آپلیتیک: بلورهای بی‌شکل، بافت شکری
- بافت هیپ ایدیومورفیک: بافت متداول گرانیت‌ها، گرانیتیک

❁ **گرافیک** یا **گرافیر** یا **گرانوفیر**:

- رشد کوارتز به‌صورت میخی در ارتوکلاز F
- دانه‌درشت که اکثراً Qtz + فلدسپات آلکالن (Mic +Ort) را دارا است.

❁ **پگماتیتی**: علت درشتی آب و مواد فرار است.

❁ **افتیک**: بلور Plg درون Px ها دیده می‌شود (دیابازها)

❁ **ساب افیتیک**: طول Plg بیشتر از قطر Px است.

❁ **دیابازیک**: دانه‌درشت که فضای بین Px و Plg را کلریت اشباع کرده است.

❁ **پویی کیلیتیک**: محاصره بلورهای ریز توسط بلورهای درشت.

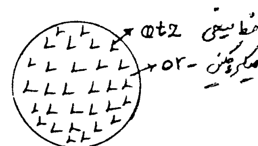
- سرسیتی شدن فلدسپاتها و کلریتی شدن گروناها، پوئی کیلوبلاستی نیست.

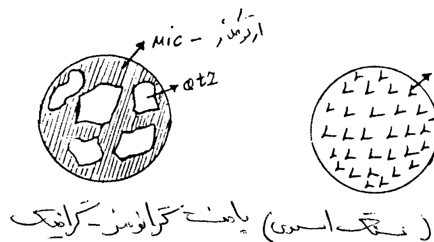
❁ **دلریتی**: همانند دیابازیک است، ولی فاقد کلریت (Chl) می‌باشد.

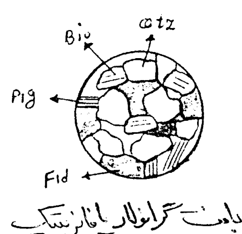
❁ **اینترگرانولار**: پلاژیوکلاز در جهات مختلف و در فضای بین آن‌ها: Ol + Px

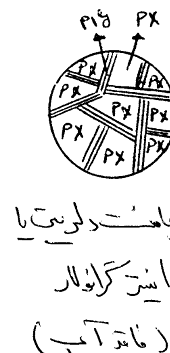
❁ **غربالی**: متعلق به فوق بازیک‌ها است که در آن الیوین به سرپانتین تبدیل شده است.

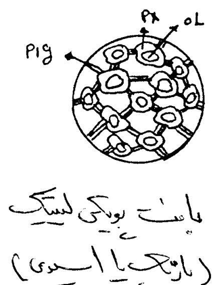
❀ **تیغه‌ای درهم:** فوق بازی بوده که زمینه آن سرپانتین و خطوط سیاه کانی اوپک می‌باشد.

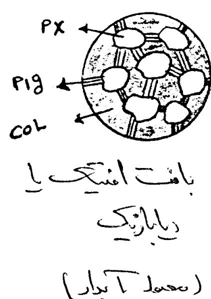


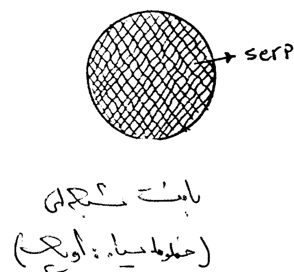


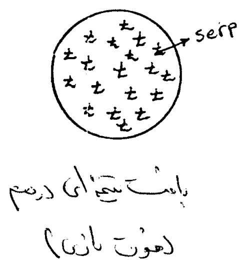


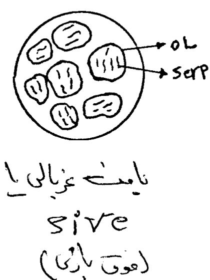












➢ **بافت‌های آذرین خروجی:**

☜ شیشه‌ای:

❁ **معمولی:** مثل ابسیدین، فاقد بلور

❁ **پرلیتی:** شیشه به اشکال کروی و بیضوی مثل پرلیت

❁ **شیشه جریانی:** ابسیدین و پیچستون

❁ **جوش خورده** یا **ایگنمبریت:** مثل ایگنمبریت، شیشه‌ها هنگام سرد شدن گدازه جوش خورده‌اند (سنگ جوش = بافت اوتاکسیتیک)

☜ پرفیری: سرد شدن ماگما در دو مرحله عامل ایجاد آن می‌باشد.

❁ **پرفیری** با خمیره **میکروگرانولار:** در سنگ آذرین خروجی و اسیدی، کوارتز به‌صورت فنوکریست و درزمینه ٔ موجود است، مثل ریولیت.

❁ **پرفیری** با خمیره **میکرولیت:** زمینه Plg و فلدسپات آلکالن (میکرولیت)، مثل داسیت و آندزیت.

❁ **پرفیری** با خمیره **شیشه:** در خمیره کوارتز نداریم و زمینه همه شیشه است.

❁ **پرفیری** با خمیره **شیشه** و **میکرولیت:** زمینه آن میکرولیت و شیشه است.

❁ **پرفیری جریانی** یا **تراکیتی:** تراکیت (فلدسپات آلکالن بالا)

❁ **گلومروپورفیری** یا **کومولوپورفیری:**

✓ در سنگ با بافت پورفیری، بلورهای درشت به‌صورت یک مجموعه خوشه‌ای دورهم جمع می‌شوند.

✓ فنوکریست های پراکنده‌ی (Px, Plg)

☜ حفره‌ای: براثر خروج گاز ماگما با فشار بوجود می‌آید.

❁ **حفره‌ای** یا **وسیکولار**

❁ **بادامکی** یا **آمیگدالوئیدال**

☜ **اسفرولیتی:**

✓ مجموعه شعاعی از کانی‌های سوزنی و رشته‌ای.

✓ در سنگ آذرین خروجی و اسیدی رشد کوارتز یا فلدسپات از مرکز به‌صورت شعاعی است.

☜ **اینترسرتال:**

✓ فضای بین Px, Plg را شیشه یا کانی اوپک پرکرده است، مثل بازالت.

☜ میارولیتی: وجود حفرات زاویه‌دار که به‌وسیله کوارتز و فلدسپات احاطه‌شده‌اند.

☜ **اسپینفکس:** الیوین تیغه‌ای که در پهلو به‌وسیله اوژیت پر مانند احاطه‌شده‌اند.

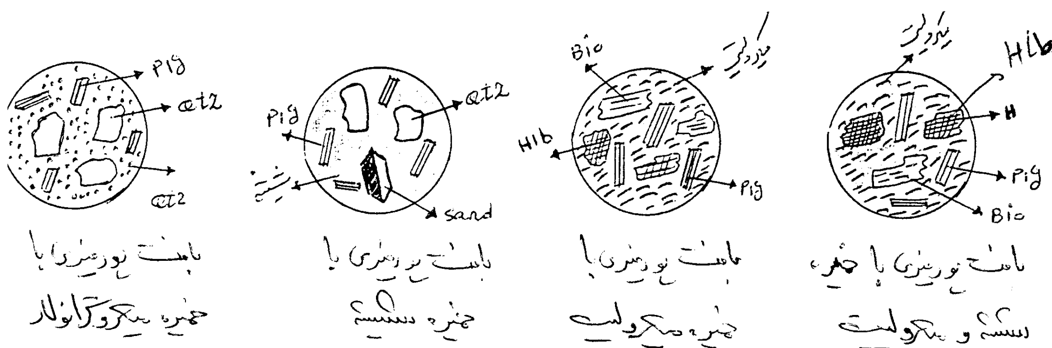
☜ **تراکیتی:** فلدسپاتهای تیغه‌ای به‌صورت موازی با هم دیده می‌شوند.

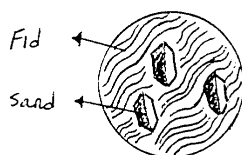
☜ **هیالوافتیک:** بلورهای Plg در زمینه شیشه به‌جای Px در بافت افیتیک.

- **میرمکیتی**: توده کرمی کوارتز در زمینه Plg (Na).
- **فلسیتیک**: در زمینه سنگ رشد توأم F+ Qtz.
- **میکروگرانولار**: به‌صورت ریزدانه، شامل پورفیریک و غیر پرفیریک.
- **راپاکیوی**: الیگوکلاز به‌صورت یک هاله به دور ارتوز را گویند.
- بافت **مونزونیتیک** (**گرانولار**): بلورهای درشت فلدسپات آلکالن، بلورهای اتومورف Plg را در بر می‌گیرد.
- بافت **اربیکولار** یا **کروی** (درونی) کانی‌های تیره و روشن به‌صورت متحدالمرکز.
- بافت **میکروگرانولار**: به‌صورت دانه‌های ریزبلور (بافت فلسیتیک)
- بافت **میکرولیتی**: مختص گدازه‌ها (فضای بین‌بلوری ← مزوستار)
- بافت **دلریتی** یا **اینتر سرتال**: Plg در زمینه Px دیده می‌شود.
- بافت **پرلیتی**: به‌صورت مرواریدی (بیرونی)
- بافت **دیاپلکتیک**: حد واسط بین شیشه‌ای و متبلور (بافت ضربه‌ای)
- بافت **اوتاکستیک**: قطعات شیشه به هم جوش خورده، جهت یافته و دارای حالت جریانی می‌باشند (سنگ جوش)

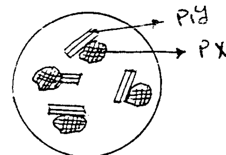
بافت‌های میکروسکوپی آذرین بیرونی:



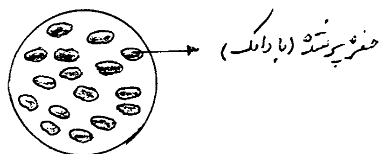




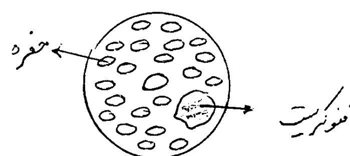
بافت جریانی یا تراکیتی



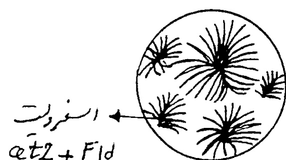
بافت گلومروپورفیری یا کومولوپورفیری



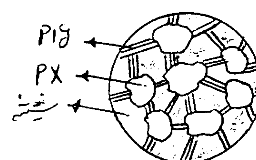
بافت بادامکی یا آمیگدالوئیدال



بافت حفره‌ای یا وسیکولار



بافت اسفرولیتی



بافت هیالوافیتیک یا اینترسرتال

- ✓ آذرآواری با دخالت آب: دارای چینه‌بندی و پلی ژنی (چند منشائی)
- ✓ آذرآواری بدون دخالت آب: بدون چینه‌بندی و منوژنی (تک منشائی)

- **دبی (Debite):** شکستگی‌های طبیعی سنگ‌های آذرین را گویند.
  - دبی **دیاکلازی:** چندوجهی نامنظم (مثل پوست پیاز) ← آذرین نفوذی و گدازه‌ها
  - دبی **برشی:** به‌صورت برشی در زیرآب ← گدازه‌ها
  - دبی **منشوری:** به‌صورت ۶ گوش ← آتش‌فشانی
  - دبی **بالشی:** دارای حفره داخل آن (کیسه آردی) ← زیردریایی.

- **رده‌بندی سنگ‌های آذرین:**
  - ➢ رده‌بندی **شاند** بر اساس درصد کانی‌های تیره:
    - سنگ‌های **هولولوکوکرات** یا تمام روشن ← ۱۰٪ - ۰ کانی تیره
    - سنگ‌های **لوکوکرات** یا روشن ← ۴۰٪ - ۱۰ کانی تیره
    - سنگ‌های **مزوکرات** یا تیرگی متوسط ← ۶۰٪ - ۴۰ کانی تیره
    - سنگ‌های **ملانوکرات** یا تیره ← ۹۰٪ - ۶۰ کانی تیره
    - سنگ‌های **هولوملانوکرات** یا خیلی تیره ← ۱۰۰٪ - ۹۰ کانی تیره

    ☜ توجه: هولوملانوکرات (شاند) = خیلی تیره (جوهانسن)
  - ➢ رده‌بندی کانی‌شناسی **کیفی** (سنگ ۱۰۰٪ دانه‌ریز):
    - روشن یا فلسیک: سنگ‌های دارای کانی روشن
    - تیره یا مافیک (تراپ): سنگ‌های دارای کانی‌های تیره

    ☜ **نکته:**

    - **الترابازیک**: فلدسپات بازیک + فلدسپاتوئید (روشن)
    - **الترامافیک**: کانی‌های فرومنیزین (تیره)

➢ رده‌بندی **مدال** سنگ‌های آذرین:

❁ مد (Mode): به دست آوردن کانی‌های موجود در سنگ آذرین برحسب درصد با میکروسکوپ پلاریزان را گویند.

- سنگ‌هایی که فقط کوارتز دارند: مانند کوارتزولیت که ۹۰٪ < کوارتز دارد.
- سنگ‌هایی که فقط کوارتز و فلدسپات دارند، مانند گرانیت و گرانودیوریت و گرانیت آلکالن
- سنگ‌هایی که فقط فلدسپاتوئید دارند مانند لوسیت و نفلینیت که ۹۰٪ < فلدسپاتوئید دارند.
- سنگ‌هایی که فقط فلدسپات F دارند، مانند آنورتوزیت که ۹۰٪ < Plg دارند.
- سنگ‌هایی که فقط فلدسپات و فلدسپاتوئید دارند، مانند بازالتی‌های فلدسپاتوئید دار (آلکالن).
- سنگ‌هایی که فاقد کوارتز، فلدسپاتوئید و فلدسپات آلکالن هستند مانند پریدوتیت

➢ رده‌بندی سنگ‌های آذرین بر اساس درجه **اشباعیت**:

❁ منظور از درجه اشباعیت وجود کوارتز و یا وجود فلدسپاتوئید در یک سنگ آذرین است، بر این اساس سنگ‌ها را به ۳ رده تقسیم می نمائیم:

- سنگ‌های فوق اشباع: سنگ‌هایی هستند که در ترکیب کانی‌شناسی آن‌ها کوارتز مشاهده می‌شود، مانند پگماتیت و گرانیت.
- سنگ‌های تحت اشباع: سنگ‌هایی که در ترکیب کانی‌شناسی آن‌ها به‌جای کوارتز (Qtz)، فلدسپاتوئید f دیده می‌شود، مانند لوسیتیت، نفلینیت.
- سنگ‌های اشباع: فاقد کوارتز و فلدسپاتوئید هستند، مانند سینیت، گابرو و دیوریت.

❁ ضریب اشباعی:

$$\frac{Qtz}{Qtz+F}\times 100 \quad \text{(اشباع)}$$

$$\frac{f}{f+F}\times 100 \quad \text{(تحت اشباع)}$$

❁ ضریب فلدسپاتی:

$$\frac{F}{F+Plg}\times 100$$

❁ ضریب لوسیتونفلینیک: در سنگ‌هایی که ۱۰٪ > فلدسپات دارند کاربرد دارد.

$$\frac{Luc}{Luc+Ne}\times 100$$

❁ ضریب پریدوتیک:

$$\frac{Ol}{Ol + Px} \times 100$$

- ضریب پیروکسنوآمفیبولیک: در سنگ‌های هولوملانوکرات (Amp +Px) کاربرد دارد.

$$\frac{Px}{Px + Amp} \times 100$$

- تعریف اندیس رنگی:

همان‌طور که می‌دانیم گروه کوارتز به‌هیچ‌وجه با فلدسپاتوئید f در یک سنگ آذرین تشکیل نمی‌گردند، به همین دلیل اندیس رنگی را در سنگ‌های کوارتز دار و فلدسپاتوئید دار به‌طور جداگانه با روابط زیر تعریف می‌کنیم:

اندیس در سنگ‌های کوارتزدار: $100 - (Qtz + P\lg + F)$

اندیس در سنگ‌های فلدسپاتوئیددار: $100 - (f + P\lg + F)$

.

➢ طبقه‌بندی بین‌المللی سنگ‌های آذرین: [I.U.G.S: International union of Geolgical Sciences]

❖ سنگ‌های آذرین درونی:

سنگ‌های دارای فلدسپاتوئید			سنگ‌های دارای فلدسپات و فلدسپاتوئید	سنگ‌های بدون کوارتز و فلدسپاتوئید	سنگ‌های دارای کوارتز و فلدسپات	سنگ‌های دارای فلدسپات آلکالن	
دارای ملیلیت	دارای لوسیت	دارای نفلین	سی نیت نفلین دار ماریونیت و مونت موتیت، فویائیت و لیچ فیلدیت	سی نیت آلکالن دیتروئیت لارویکیت لاردالیت	گرانیت آلکالن لوکسولیانیت	سنگ‌های دارای فلدسپات آلکالن و پلاژیوکلاز (کالک آلکالن)	
		ایژولیت (سودالیت و کانکرینیت به جای نفلین)	مونزونیت نفلین دار	مونزونیت سی نیودیوریت	گرانودیوریت Px دار گرانیت مونزونیتی	الیگوکلاز و آندزین	سنگ‌های دارای پلاژیوکلاز Plg
			اسکسیست دیوریت فلدسپاتوئیددار	دیوریت	دیوریت کوارتزدار دار تونالیت Cr دار پلومازیت (کرندون دار)	لابرادور بتیونیت آنورتیت	
			ترالیت (گابروی فلدسپاتوئیددار) سومائیت (LUC) برونديت (Ne) کریانیت، لوگاریت و تچنیت (آنالسیم دار)	گابرو بوژی ایت	گابروی کوارتزدار		
سنگ‌های فاقد کانی‌های سفید			دارای الیوین	دارای پیروکسن	دارای سرپانتین	دارای آمفیبول	
			پریدوتیت	پیروکسنیت	سرپانتی نیت	آمفیبولیت	

❖ سنگ‌های آذرین بیرونی:

سنگ‌های دارای فلدسپاتوئید			سنگ‌های دارای فلدسپات و فلدسپاتوئید	سنگ‌های بدون کوارتز و فلدسپاتوئید	سنگ‌های دارای کوارتز و فلدسپات	سنگ‌های دارای فلدسپات آلکالن	
دارای ملیلیت	دارای لوسیت	دارای نفلین	فنولیت آلکالن	تراکیت آلکالن دومیت (فاقد فنوکریست)	ریولیت آلکالن پانتلریت (لوکوکرات) کوماندیت (هولوکوکرات)	سنگ‌های دارای فلدسپات آلکالن و پلاژیوکلاز	
ملیلیت	لوستیت	نفلینیت	فنولیت تفریتی (تفریت فنولیتی)	لاتیت، تراکی آندزیت، دوریت، موژآریت	ریوداسیت	الیگوکلاز و آندزین	سنگ‌های دارای پلاژیوکلاز
		اتندیت	تفریت	آندزیت، هاوائیت، ایسلندیت، بونیتیت	داسیت	لابرادور بایتونیت آنورتیت	
		آنکاراتریت	بازانیت	بازالت، ساکالاویت، پیکریت، لابرادوریت	بازالت توله ایتی		

➢ **نکته ها:**

- نشانه درونی بودن: میکروکلین (Mic) و نفلین (Ne)
- نشانه خروجی بودن: سانیدین، آنورتوکلاز، لوسیت و نوزآن

- فلدسپات آلکالن یا قلیایی (A): سانیدین، آنورتوکلاز، میکروکلین و ارتوکلاز.
- فلدسپاتوئید (F): نفلین، لوسیت، نوزآن، آنالسیت، اسکاپولیت و زئولیت

- در دیاگرام **اشترایکایزن:** کانی‌های نورماتیو مد نظر نیست.
- در دیاگرام **یودروتایلی:** کانی‌های نورماتیو مد نظر است.
(نورماتیو یعنی طبیعی و عادی)

- در صورت استفاده از مقدار نورماتیو سنگ‌ها باید قبل از آن، از دیاگرام مولر و براون برای به دست آوردن درصد Plg استفاده کنیم (به دست آوردن درصد سانیدین نسبت به‌کل فلدسپاتها).

- اسیدیته کانی‌های سیلیکاته:

اسیدی: $S > ۶۰$
حد واسط: $۳۰ < S < ۶۰$
بازی: $S < ۳۰$

$$\text{اسیدیته کانی‌های سیلیکاته } (S) = \frac{\text{مقدار کاتیون } Si}{\text{کاتیون } Si + \text{دیگر کاتیون‌ها (به‌غیراز } O)}$$

- مقدار اسیدیته: آنورتیت (۴۰)؛ لابرادور (۵۰)، پیروکسن (۵۰)، لوسیت (۵۰) ارتوز (۶۰)، کوارتز (۱۰۰)، الیوین و نفلین (۳۳/۳).

- قبل از شروع پتروگرافی توصیفی باید به بررسی نکات زیر پرداخت:
  - در ماگما، آب گرانروی را کاهش می‌دهد.
  - نقطه‌جوش ثانویه: به وجود آمدن حباب‌ها و حالت جوشش به دلیل افزایش فشار بخار گاز.

➢ رده‌بندی **شیمیایی – کانی‌شناسی:**

- به ترتیب کانی‌های زیر ساخته می‌شوند:

آپاتیت ← ایلمنیت ← ارتوز ← ← An Ab ← مگنتیت ← هماتیت ← ← Cpx ← Opx
Olv

- **توجه:** هنگام کمبود سیلیس Si:

تبدیل آلبیت به نفلین $Ne \to Ab$

تبدیل ارتوز به لوسیت $Luc \to Ort$

➢ طبقه‌بندی سنگ‌های عادی بر اساس **ترکیب کانی‌شناسی:**

✓ کانی‌های اصلی یا شاخص: کوارتز در گرانیت، الیوین در پریدوتیت.

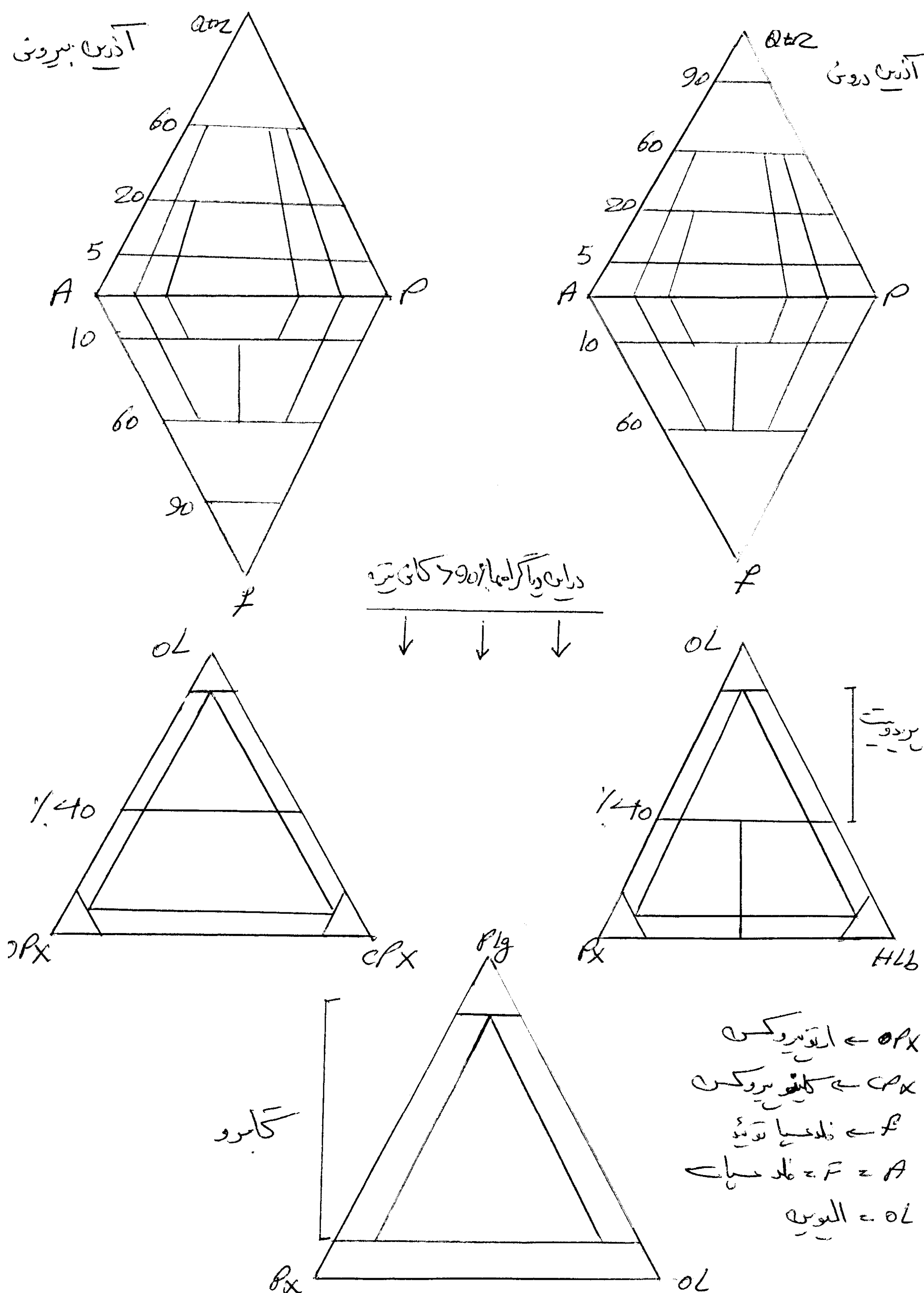
✓ کانی‌های معمولی یا عادی: ممکن است وجود داشته باشند، مانند Bio یا Mus.

✓ کانی‌های تجزیه‌شده یا ثانویه: بر اثر هوازدگی یا آلتراسیون بوجود می‌آیند؛ مانند تبدیل Ol یا Px به سرپانتین، کانی رسی، زئولیت، کربنات، سرسیت و کلریت.

✓ کانی فرعی یا آکسسوری: در نام‌گذاری تأثیری ندارند، مانند آپاتیت، زیرکن، اسفن، روتیل، کرندوم و اوپک

➢ دیاگرام های **اشتراکایزن:**

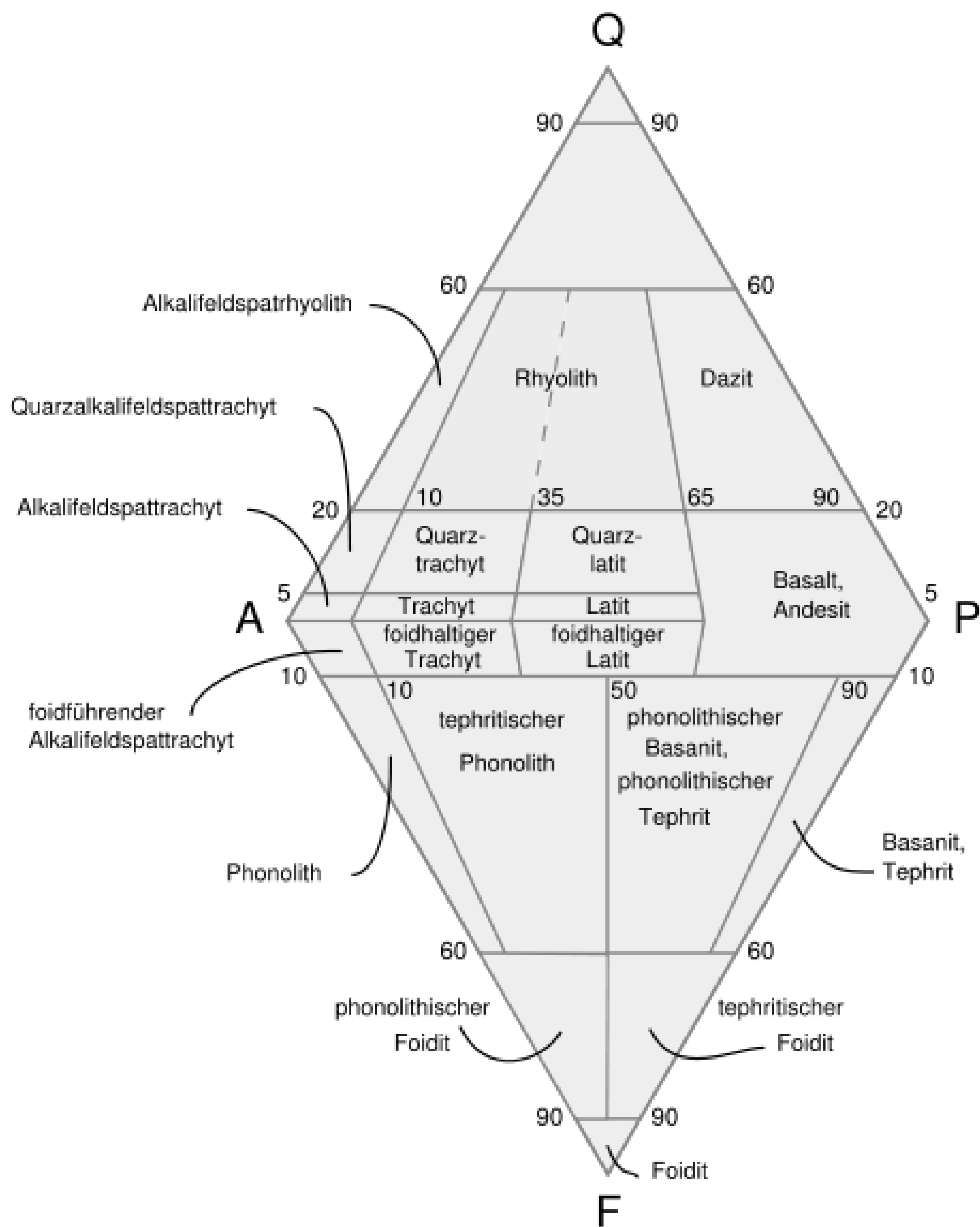
در رده‌بندی اشتراکایزن مستقیماً از کانی‌های نورماتیو استفاده نمی‌شود.



- طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین درونی در حالتی که **M<90**:

Q
quartzolite
90 90
quartz-rich granitioids
granodiorite
tonalite
60 60
alkali feldspar granite
quartz monzodiorite, quartz-monzogabbro
granite
syeno-granite
monzo-granite
quartz alkali feldspar syenite
quartz diorite, quartz gabbro, quartz anorthosite
alkali feldspar syenite
20 10 35 65 90 20
quartz syenite
quartz monzonite
monzodiorite, monzogabbro
5 5
A
syenite
monzonite
P
foid-bearing syenite
foid-bearing monzonite
diorite, gabbro, anorthosite
10 10 50 90 10
foid-bearing alkali feldspar syenite
foid monzosyenite
foid monzodiorite, foid monzogabbro
foid-bearing diorite, foid-bearing gabbro, foid-bearing anorthosite
foid syenite
foid-bearing monzodiorite foid-bearing monzogabbro
60 60
foidolite
foid diorite, foid gabbro
90 90
F

➢ طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین بیرونی یا آتش‌فشانی **غیراولترامافیک**:

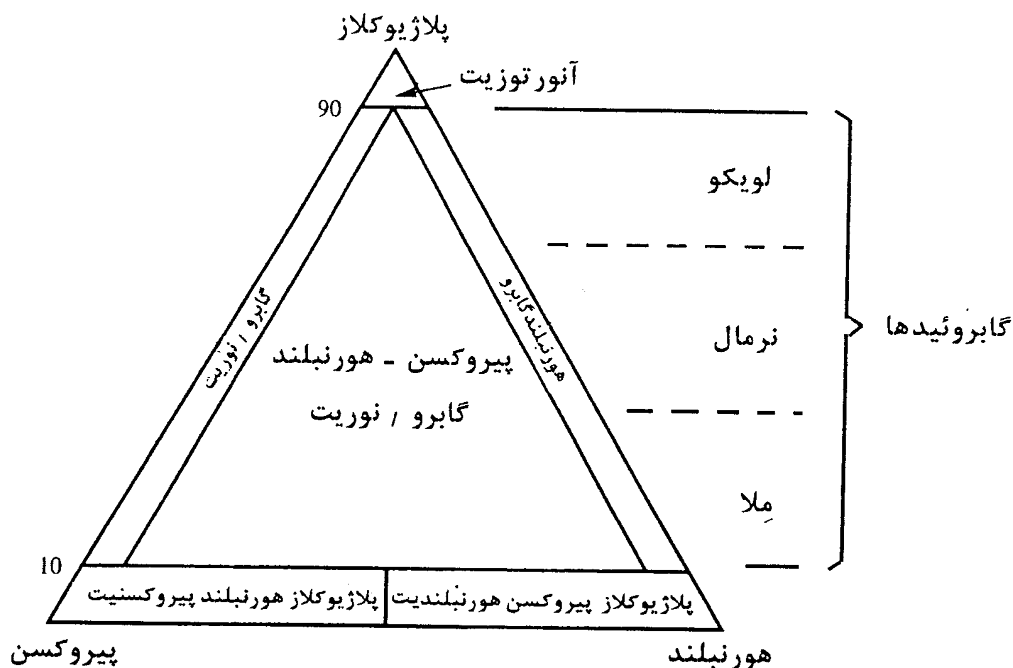


➢ طبقه‌بندی سنگ‌های اولترامافیکی مرکب از الیوین، ارتوپیروکسن و کلینوپیروکسن:

اولیوین (oL)
دونیت
90
هارزبورگیت
ورلیت
پریدوتیت‌ها
لرزولیت
40
اولیوین
ارتوپیروکسنیت
اولیوین
کلینوپیروکسنیت
پیروکسنیت‌ها
اولیوین وبستریت
ارتوپیروکسنیت
کلینو
پیروکسنیت
10
وبستریت
ارتوپیروکسن (oPx)
کلینوپیروکسن (cPx)

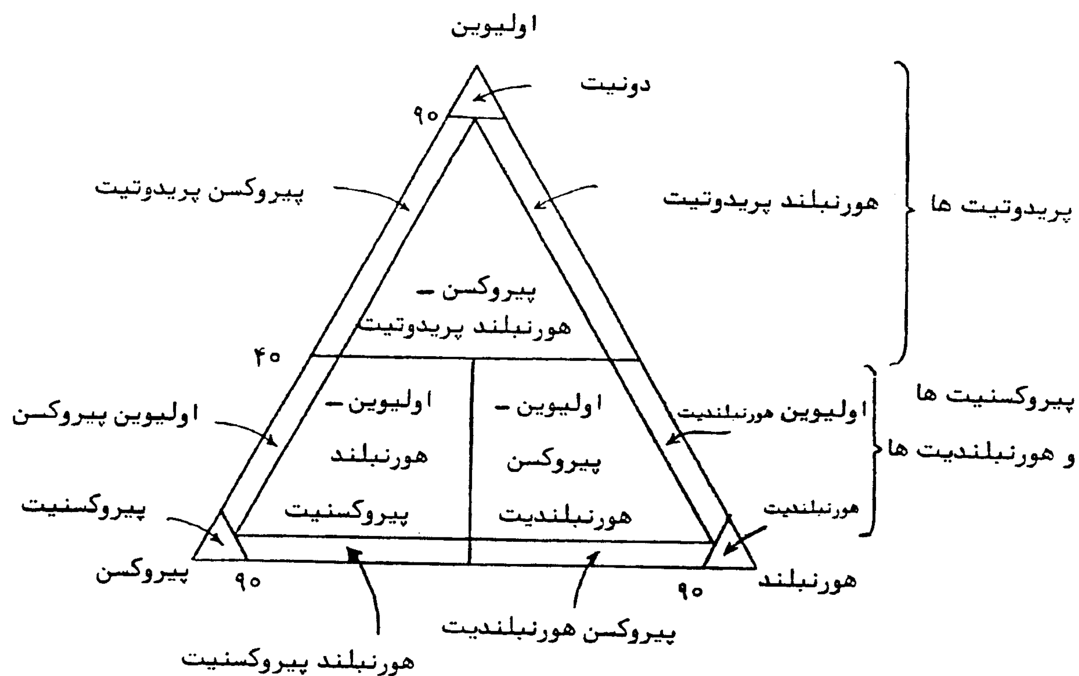
(اقتباس از استرکیسن، ۱۹۷۴)

➢ طبقه‌بندی سنگ‌های **گابرویی** حاوی هورنبلند:

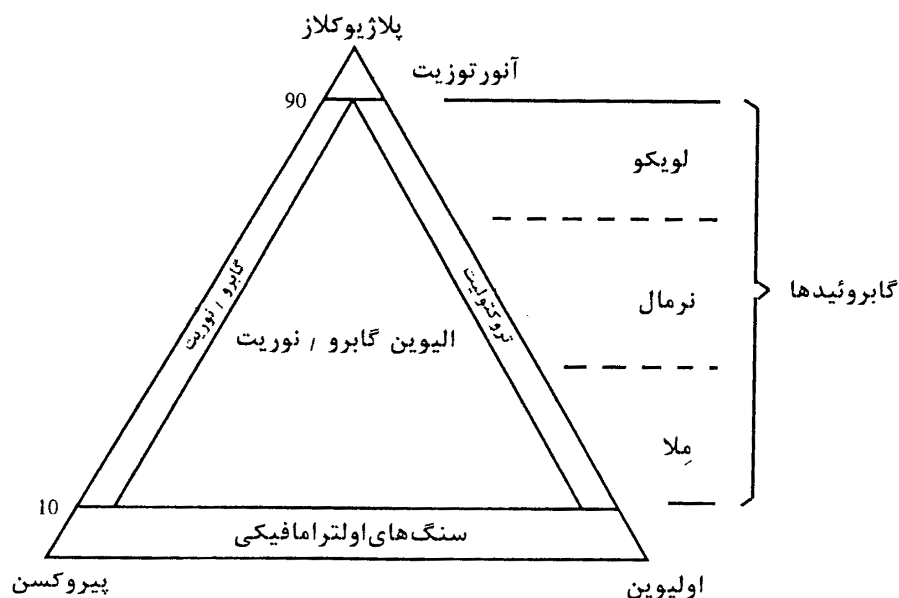


(اقتباس از استرکیسن، ۱۹۷۴)

➢ طبقه‌بندی سنگ‌های **اولترامافیکی** حاوی هورنبلند:



➢ طبقه‌بندی سنگ‌های گابرویی که از Olv, Px, Plg تشکیل‌شده‌اند:

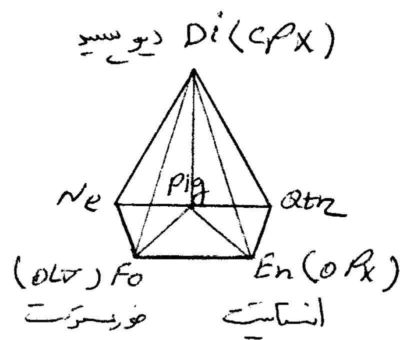


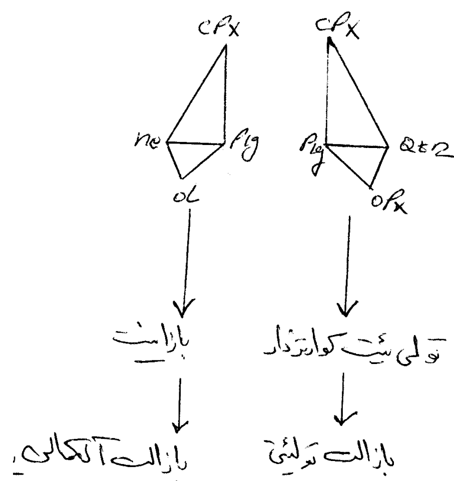
➢ طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین (با تغییراتی از استریکسین، ۱۹۷۶ و لی میتر، ۱۹۸۹):

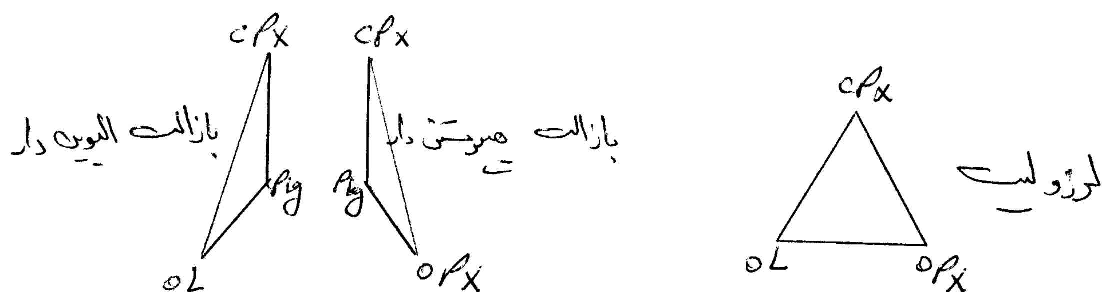
بیرونی (ولکانیک)	M	درونی (پلوتونیک)	راسته	رده
		کوارتزولیت گرانیتوئید غنی از کوارتز	I سنگهای کوارتزدار	M < ۹۰
آلکالی فلدسپات ریولیت ریولیت داسیت داسیت	۰-۲۰ ۵-۲۰ ۵-۲۵ ۱۰-۴۵	گرانیت آلکالی فلدسپات گرانیت گرانودیوریت تونالیت	II سنگهای کوارتز - فلدسپاتی	
آلکالی فلدسپات تراکیت تراکیت لاتیت آندزیت بازالت	۰-۲۵ ۱۰-۳۵ ۱۵-۴۵ ۲۰-۵۰ ۲۵-۶۰ ۲۵-۵۰ ۳۵-۶۵ ۰-۱۰	آلکالی فلدسپات سینیت سینیت مونزونیت مونزودیوریت و مونزوگابرو دیوریت گابرو آنورتوزیت	III سنگهای فلدسپاتی	
فونولیت فونولیت تفریتی تفریت فونولیتی تفریت یا بازانیت	۰-۳۰* ۱۵-۴۵ ۲۰-۶۰ ۳۰-۷۰	فوئید سینیت فوئید مونزوسینیت فوئید مونزودیوریت و مونزوگابرو فوئید دیوریت، فوئیدگابرو	IV سنگهای فلدسپاتی - فلدسپاتوئیدی	
فوئیدیت		فوئیدولیتها	سنگهای فلدسپاتوئیدی	
اولترامافیتیت		پریدوتیت پیروکسنیت هورنبلندیت	VI سنگهای اولترامافیک	M > ۹۰

در جدول مقادیر M به معنی نرمال آورده شده است چنانچه از نرمال کمتر یا بیشتر باشد باید پسوند لوکو و ملا در ابتدای نام سنگ آورده شود.

➢ دیاگرام **یودر و تایلی**:







نام سنگ	ترکیب	نام سنگ	ترکیب
آنورتوزیت	Plg	بازانیت	Cpx – Plg – Ne – Ol
تروکتولیت	Ol – Plg	گابرونوریت	Cpx – Plg – Opx
گابروی معمولی	Cpx – Plg	بازالت هیپرستن دار	Cpx – Plg – Opx (En)
ایژولیت	Cpx – Ne	تفریت	Cpx – Plg – Ne
نوریت	Opx – Plg	بازالت الیوین دار	Cpx – Plg – Ol
پیکریت	Cpx – Ol	نفلینیت اولیوین دار	Cpx – Ol – Ne
		لرزولیت	Cpx – Ol – Opx

روش‌های مهم تقسیم‌بندی **گرانیت‌ها:**

<table dir="rtl">
<tr><td rowspan="2">اساس تقسیم بندی</td><td rowspan="2">نویسندگان</td><td colspan="2">منشأ</td><td colspan="2">منشأ</td><td colspan="5">منشأ</td></tr>
<tr><td colspan="2">پوسته قاره‌ای</td><td colspan="2">اختلال</td><td colspan="4">گوشته</td><td></td></tr>
<tr><td>ترکیب شیمیایی</td><td>شاند ۱۹۴۳</td><td colspan="2">فوق آلومینیوم</td><td colspan="2">آلومینیوم متوسط</td><td colspan="4">فوق آلکالن</td><td></td></tr>
<tr><td>ترکیب کانی‌شناسی</td><td>لامیر و بودن ۱۹۸۲</td><td>لیکوگرانیت</td><td colspan="3">کالک آلکالن
K زیاد K متوسط K کم</td><td colspan="2">سری تولئی‌ایت</td><td colspan="2">سری فوق آلکالن</td><td></td></tr>
<tr><td>ژئوشیمی عناصر اصلی</td><td>چاپل و وایت ۱۹۷۴
کولنز ۱۹۸۲
والن ۱۹۸۷</td><td colspan="2">نوع S</td><td colspan="2">نوع I</td><td colspan="2">نوع M</td><td colspan="3">نوع A</td></tr>
<tr><td>ژئوشیمی عناصر اصلی</td><td>مانیار و پی‌کولی ۱۹۸۹</td><td colspan="2">گرانیت کوه زایی</td><td>گرانیت قبل کوه زایی</td><td>گرانیت کالک‌آلکالن</td><td>گرانیت جزایرقوسی</td><td>گرانیت اقیانوسی</td><td>گرانیت ریفتی</td><td colspan="2">گرانیت اپی‌اوراجنی</td></tr>
<tr><td>ژئوشیمی عناصر جزیی</td><td>پیرس و دیگران ۱۹۸۴</td><td colspan="3">گرانیت کوه زایی
همزمان قبل</td><td colspan="2">گرانیتهای کمربندهای قوسی</td><td>گرانیت اقیانوسی</td><td colspan="3">گرانیت های‌ریفت</td></tr>
<tr><td>کانیهای فلزی اپاک</td><td>اشی‌هارا ۱۹۷۷</td><td colspan="3">سری ایلمینیت</td><td colspan="6">سری مگنتیت</td></tr>
</table>

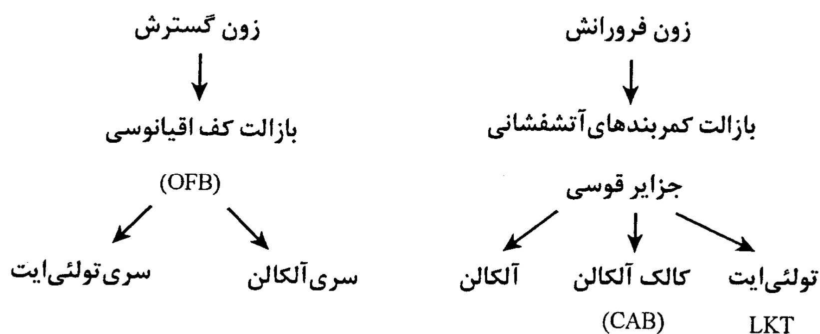
☜ ویژگی‌های انواع گرانیت (کندی، ۱۹۸۹):

	نوع I	**نوع S**	**نوع M**	**نوع A**
موقعیت تکتونیکی	**زون فرورانش - زون تصادم قاره‌ها (کوه‌زایی)**	**زون تصادم قاره‌ها (کوه‌زایی)**	**زون گسترش همراه اوفیولیتها**	**نقاط داغ و ریفتهای درون قاره‌ای (غیرکوه‌زایی)**
ترکیب	**تونالیت - گرانودیوریت**	**گرانیت**	**پلاژیوگرانیت**	**گرانیت غنی از پتاسیم و ± سیانیت**
کانیهای شاخص	**هورنبلند، بیوتیت مگنتیت و اسفن**	**بیوتیت، مسکویت، گارنت، ایلمنیت،**	**هورنبلند، بیوتیت و پیروکسن**	**بیوتیت، مگنتیت، هورنبلند (نوع آلکالی)**
Al_2O_3/Na_2O+K_2O+CaO	**۱/۱-۰/۵**	$>$ **۱/۱**	$\leq$ **۰/۶**	**۱/۱-۰/۹**
کاهش میزان Ti، Ba و P	**متوسط**	**متوسط**	**جزئی**	**خیلی‌زیاد**
منشأ ماگما	**تفریق ماگمای کالک آلکالن یا بازالتها**	**ذوب بخشی سنگهای پوسته قاره‌ای**	**تفریق ماگمای زون گسترش**	**ذوب بخشی سنگهای پوسته قاره‌ای**

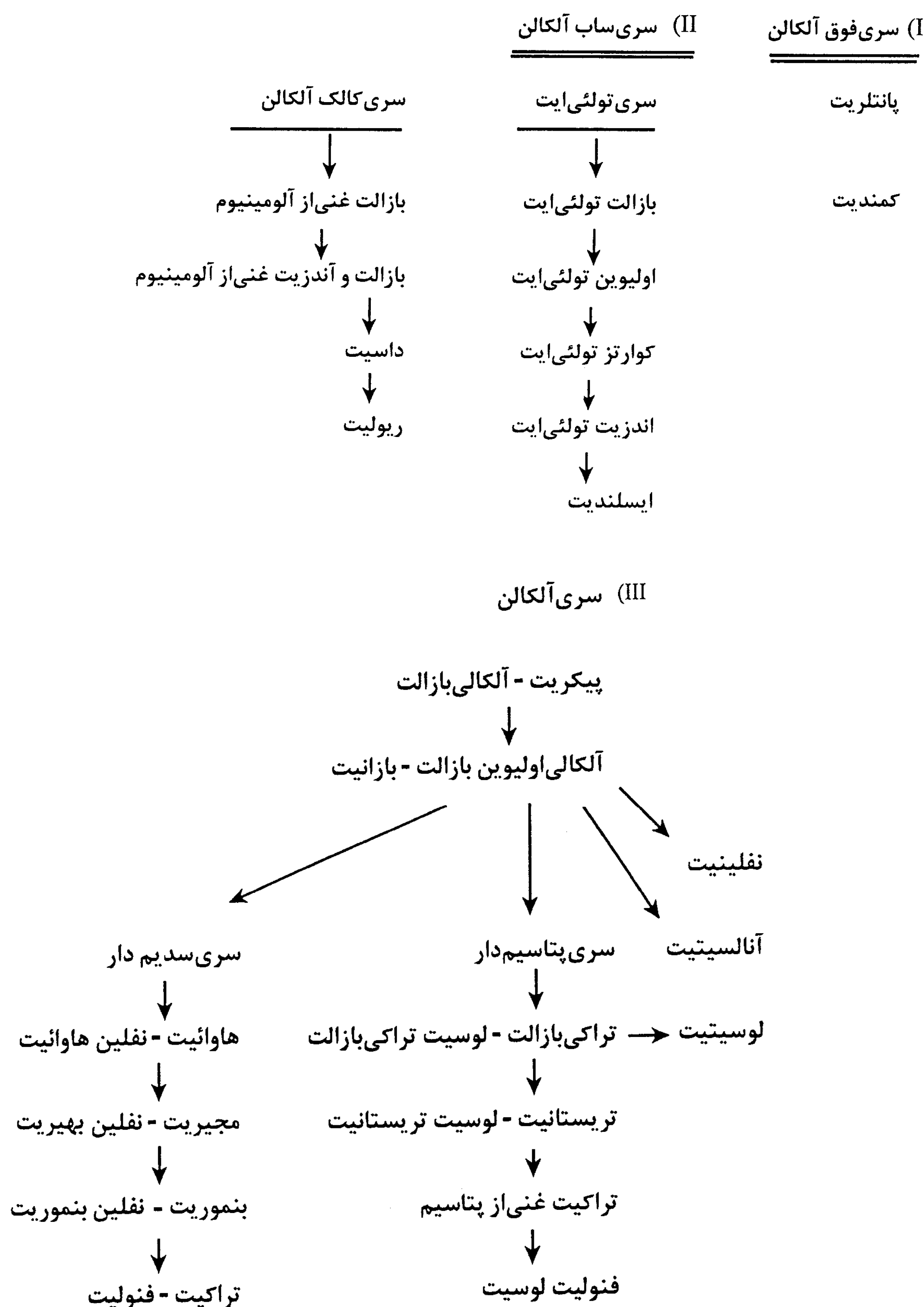
➢ بازالت های **داخل** صفحات:



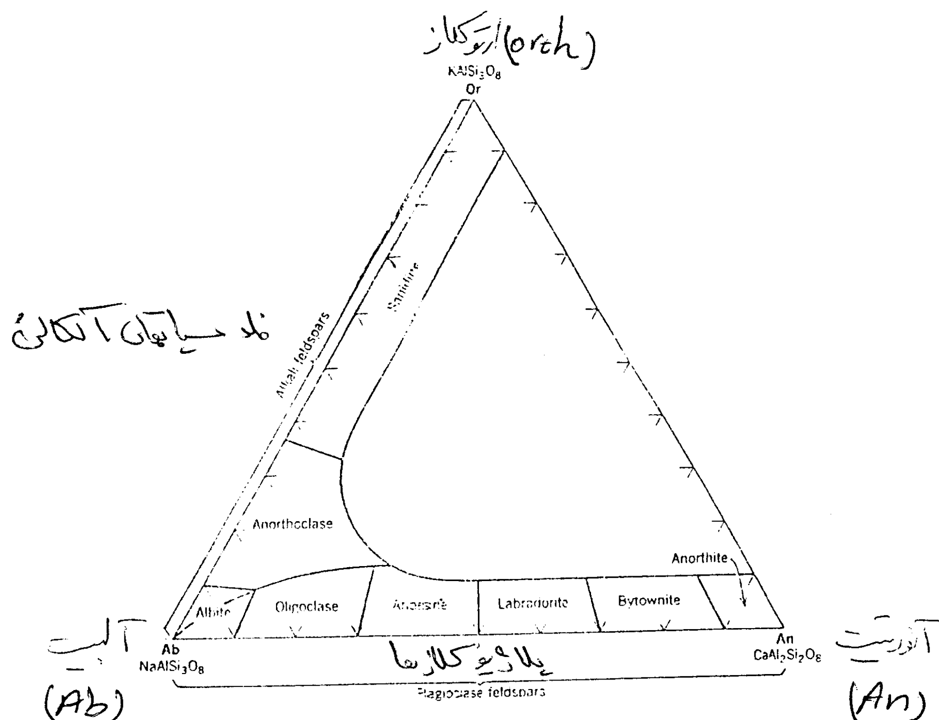
➢ بازالت های **حاشیه** صفحات:



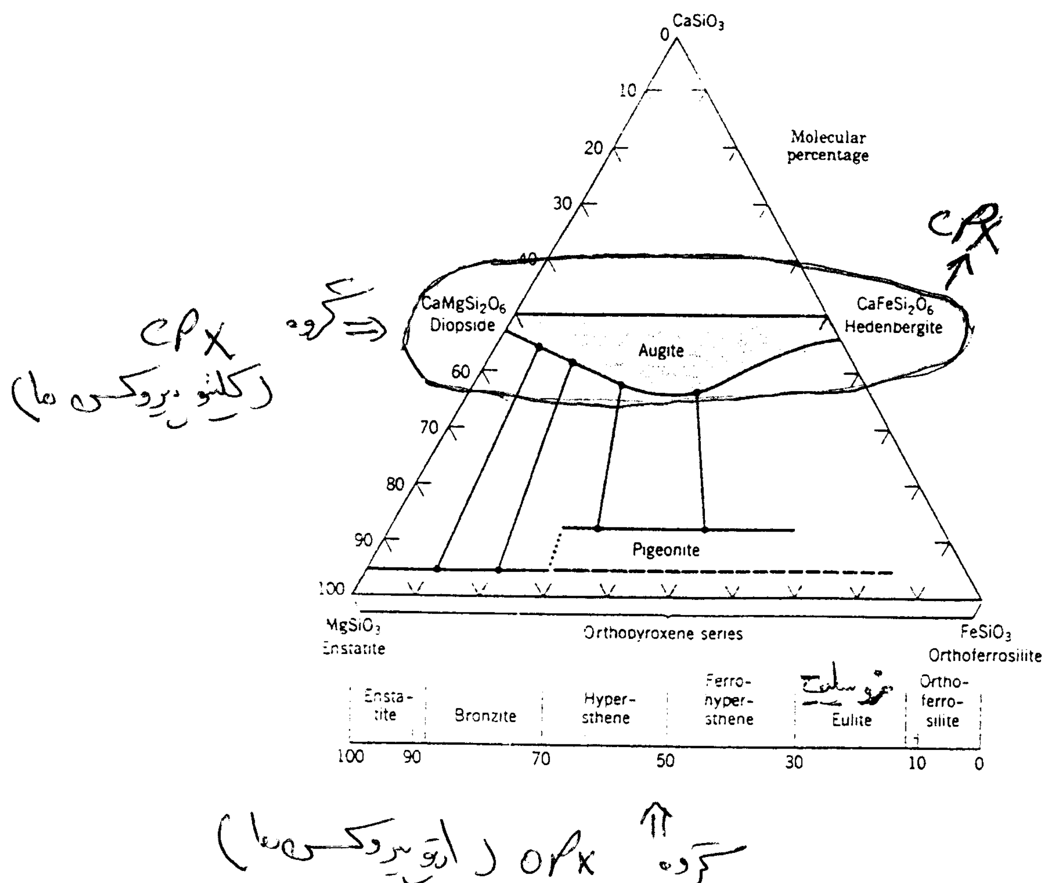
➢ سری سنگ‌های آتش‌فشانی:



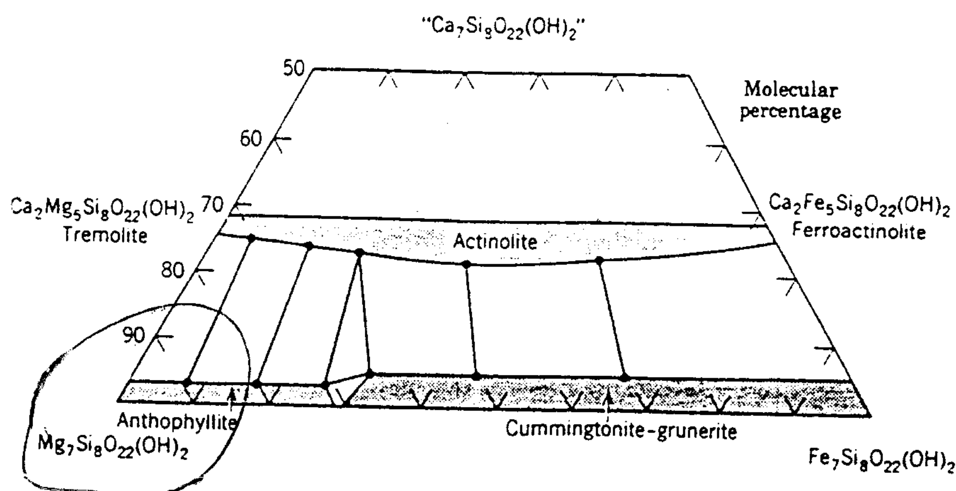
➢ دیاگرام مثلثی **فلدسپات** ها:



➢ دیاگرام مثلثی **پیروکسن** ها (Px):



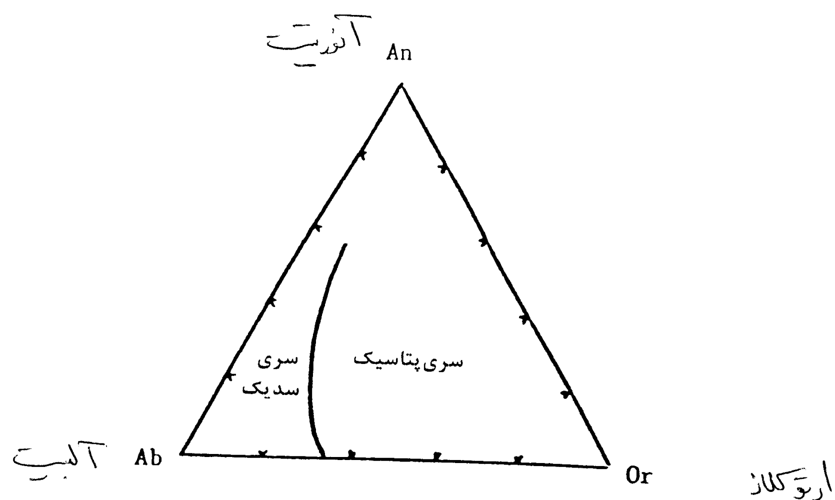
➢ دیاگرام ذوزنقه‌ای گروه **آمفیبول** ها:



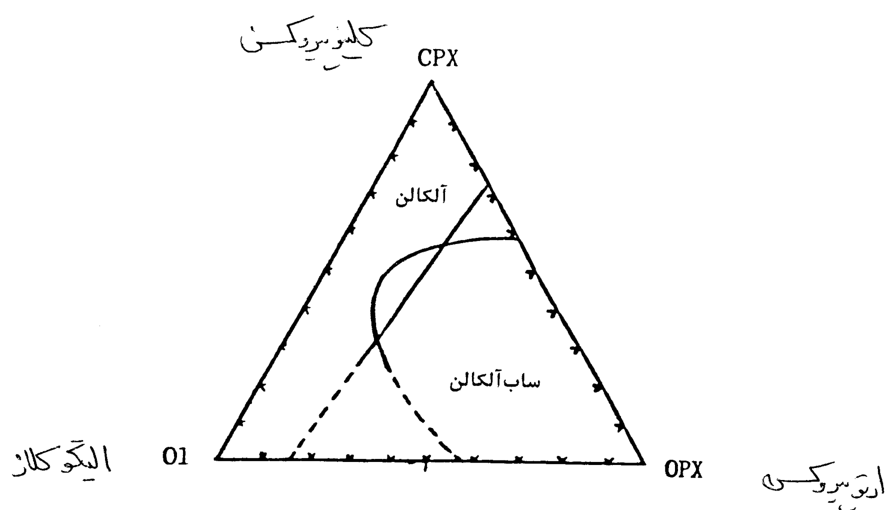
☜ توجه:

آنتوفیلیت در سیستم ارتورومبیک و بقیه آمفیبول ها در سیستم مونوکلین متبلور می‌شوند.

➢ نمودار تفکیک سری سدیک (Na) از پتاسیک (K):



➢ نمودار تفکیک سری ساب آلکالن از سری آلکالن:



❖ منشأ بازالت ها:

- **ذوب اکلوژیت:** سنگی دگرگونی است که در فشار زیاد در دگرگونی ناحیه‌ای بوجود می‌آید.
  - کانی شاخص آن: گارنت پیروپ (Mg) و پیروکسن امفاسیت (Mg).
  - **توجه:**
    - در فشار **زیاد:** امفاسیت ذوب نشده و گارنت ذوب می گردد (بازالت معمولی).
    - در فشار **کم:** امفاسیت ذوب شده و گارنت ذوب نمی گردد (بازالت تولیتی).
- **ذوب آمفیبولیت:** آمفیبولیت سنگ دگرگونی با ۹۰٪ آمفیبول سدیم دار (پارگازیت)
- **ذوب پیرولیت:** شامل ۱ قسمت بازالت + ۳ قسمت پریدوتیت:
  - از ذوب پیرولیت در فشار کم، Plg بالا است.
  - از ذوب پیرولیت در فشار متوسط، اسپینل بالا است.
  - از ذوب پیرولیت در فشار زیاد، گارنت بالا است.
- **ذوب پریدوتیت:** اگر در یک ماگمای بازیک کانی‌های هیپرستن و اسپینل کرم‌دار یافت شود حاصل ذوب پریدوتیت است.

❖ پتروگرافی سنگ‌های آذرین:

سنگ‌های آذرین اسیدی (درونی):

- **پگماتیت آلکالن:** دلایل آلکالن بودن آن؛ وجود فلدسپات فراوان، وجود نفلین و لوسیت در بازالتها، وجود پیروکسن سدیم دار ارژین یا آکمیت و آمفیبول سدیم دار ربکیت پس در پگماتیت آلکالن کوارتز – فلدسپات آلکالن و Mus مهم‌ترین بوده و بافت دانه‌درشت می‌باشد.
  - ☜ پگماتیت ها به ۲ گروه Na و Li دار – K دار تقسیم می‌شوند که گروه سدیم و لیتیم دار تورمالین شفاف و بریل دارای ارزش اقتصادی می‌باشند.
- **پگماتیت معمولی** یا **کالک آلکالن:** Plg + F + Mus + Qtz
- **گرانیت آلکالن:** فقیر از Mg, Ca می‌باشد و فاقد Mus است.
- **گرانیت معمولی:** مانند پگماتیت معمولی ولی فاقد Mus:

  گرانودیوریت ← $Plg \rangle Or$

  گرانیت مونزونیتی ← $Plg = Or$

  گرانیت ساب آلکالن ← $Plg \langle Or$
- **گرانودیوریت:** مانند گرانیت ولی Plg>F
- **تونالیت:** ۱۰٪ > فلدسپات آلکالن دارد (نوعی گرانودیوریت)
- **ترونجمیت:** گرانودیوریتی فاقد فلدسپات
- **گرایزن:** گرانیتی که میکای آن لپیدولیت (میکای بنفش لیتیم دار) است.

- **شارنوکیت** یا **چارنوکیت**: گرانیتی که کانی مافیک آن هیپرستن است.
- **پلومازیت**: دیوریت کوارتزدار می‌باشد.
- **گرانیت ساکاروئید**: گرانیت کالک آلکالن ریزبلور
- **آداملیت**: گرانیت کالک آلکالن شامل ارتوز + الیگوکلاز + Hbl+ Bio + کانی‌های تیره.
- **لوکسولیانیت**: گرانیت آلکالن حاوی بلورهای تورمالین به‌صورت اسفرولیتی.

توجه:

- گرانیت‌ها فاقد Mus ← آلاسکیت (گرانیت فاقد کانی تیره)
- پگماتیت دارای Mus ← آپلیت (پگماتیت ریزدانه)

نکته:

- کانی‌های نشان‌دهنده شیستوزیته داخلی: کوارتز، ایلمنیت، گرافیت
- کانی‌های تفاله‌ای سنگ‌های دگرگونی: گرونا، آندالوزیت، سیلیمانیت
- در گرانیت مونزونیتی و ریولیت لاتیتی: Plg = Or

سنگ‌های اسیدی خروجی:

- **ریولیت آلکالن**: معادل گرانیت آلکالن با بافت پورفیری است. فنوکریستال سنگ Qtz+F، خمیره آن شامل میکرولیتیک های فلدسپات آلکالن و میکرو کریستال‌های کوارتز است.
- **پانتلریت**: ریولیتی آلکالن و لوکوکرات است.
- **کوماندیت**: ریولیتی آلکالن و هولولوکرات است.
- **ریولیت معمولی**: معادل گرانیت معمولی با بافت پورفیری است (کالک آلکالن) شامل:
  - ✓ ریوداسیت ← $Plg \rangle Or$
  - ✓ ریولیت داسیتی ← $Plg = Or$
  - ✓ ریولیت ساب آلکالن ← $Plg \langle Or$
- **ابسیدین**: ریولیت بی‌آب غیر متبلور است.
- **پکشتن** یا **رتینیت**: ریولیتی با ۱۰٪ آب.
- **پیرومرید**: شیشه ریولیتی با ساخت هیالواسفرولیتیک
- **کوارتز پورفیر**: ریولیتی دارای فنوکریست کوارتز (ریولیت قدیمی)
- **لیپاریت**: ریولیت فقیر از شیشه
- **داسیتوئید**: کوارتز در آن دیده نمی‌شود ولی در نورم کوارتز بالاست (شبه داسیت)

☜ در داسیت که تحت فشار بخار آب ایجاد می‌شود، Bio به جای Hyp و Hbl به جای اوژیت قرار می گیرد.

- **ساکالاویت** یا **بازالت کوارتزدار**: داسیت مزوکرات با فنوکریست لابرادور و کوارتز نورماتیو.

☜ **توجه:** نام‌های به کاررفته برای **چارنوکیت** ها (استریکسن ۱۹۷۶):

واژه‌های اختصاصی	واژه‌های عمومی	حوزه (منطقه)
آلکالی فلدسپات چارنوکیت	هیپرستن آلکالی فلدسپات گرانیت	۲
چارنوکیت	هیپرستن گرانیت	۳
اُپالیت	هیپرستن گرانودیوریت	۴
اندربیت	هیپرستن تونالیت	۵
	هیپرستن آلکالی فلدسپات سینیت	۶
	هیپرستن سینیت	۷
مانجریت	هیپرستن مونزونیت	۸
ژوتونیت	هیپرستن مونزودیوریت یا مونزونوریت	۹
	نوریت (هیپرستن دیوریت)	۱۰

سنگ‌های حد واسط:

دارای حدود ۲۰٪ - ۰ کوارتز بوده و (Plg,F) کانی‌های اصلی آن‌ها می‌باشند.

- **سی نیت آلکالن**: دارای ۹۰٪ فلدسپات آلکالن (Mic – Ort) پلاژیوکلاز فاقد یا فقیر از کوارتز، معادل خروجی آن تراکیت آلکالن.
- **نوردمارکیت**: سی نیت کوارتز دار
- **پولاسکیت**: سی نیت نفلین دار
- **لارویکیت**: سی نیت هلولوکوکرات، فلدسپات دارای فاسیس مالگاشیتیک
    - فاسیس مالگاشیتیک: فلدسپات از یک آنتی پرتیت (میکروکلین و الیگوکلاز)
- **لاردالیت**: سی نیت دانه‌درشت از ارتوز پرتیتی (پرتیت ← Ab)
- **اپی سینیت**: دیوریت یا گابروی قدیمه دارای ترکیب ثانویه
- **سینیت معمولی یا کالک آلکالن:**
    - سینودیوریت (مانژریت) یا مونزونیت هیپرستن دار (کنتالیت): Plg>Or.
    - مونزونیت (دورماکیت) یا (دورباکیت): Plg = Or.
    - سی نیت ساب آلکالن (پلوئونیت): Plg < Or.

- **دورباکیت**: سی نیت مونزونیتی حاوی Bio و آمفیبول که Plg = Or
  - در سی نیت معمولی میزان Plg ۳۵٪ تا ۱۰٪ می‌باشد، معادل خروجی آن تراکیت معمولی.
- **شونکنیت**: سی نیت آلکالن نفلین دار.
- **اورتیت**: سی نیت معمولی دارای f (نفلین)
  - سی نیت معادل تراکیت است (کراتوفیر ← تراکیت قدیمی)
  - در کراتوفیر Plg تبدیل به Ab، کلریت و کلسیت می‌شود (آلبیتوفر)
- **تراکیت کالک آلکالن (معمولی):**
  - ساب آلکالن: Plg < Or
  - لاتیت: Plg = Or
  - تراکیتی آندزیت: Plg > Or
- **دومیت**: تراکی بدون فنوکریستال دارای میکرولیت الیگوکلاز و سانیدین و کمتر از ۵٪ Bio.
- **دورئیت**: تراکی آندزیت تیره با الیوین کم.
- **موژآریت**: تراکی آندزیت با الیوین بیشتر.
- **فویائیت**: سی نیت نفلین دار.
- **لیچ فیلدیت**: نوعی فویائیت دارای کانی مافیک لپیدولیت.
- **دیتروئیت**: سی نیت آلکالن سودالیت دار.
- **سی نیت آلکالن Ne دار**
  - آگپائیت: درصد آلومین < درصد آلکالن
  - میاسکیت: کانی فرعی آن زیرکان

☜ **توجه:**

تراکیت آلکالن برخلاف معادل درونی، فراوان‌ترند. فنوکریستالهای سانیدین یا آنورتوز در آن دیده می‌شود.

- **سانسی ئیت تراکی:** تراکیت بدون کریستال و حاوی میکرولیت های الیگوکلاز و سانیدین.
- **تراکی آندزیت**: موژآریت: روشن؛ دورئیت: تیره
- **دومیت**: تراکیت بدون فنوکریست؛ دورئیت: تراکی آندزیت تیره
- **مونزونیت**: در آن Plg = Or، معادل خروجی آن لاتیت یا تراکی آندزیت.

❀ دیوریت ها:

- **دیوریت**: دارای حدود ۹۰٪ پلاژیوکلاز و حدود ۱۰٪ – ۰ فلدسپات می‌باشد.
  - معادل خروجی آن آندزیت می‌باشد.
- **آندزیت**: پورفیریت قدیمی؛ هاوائیت: بازالتی

- دیوریت دارای Bio > دیوریت دارای Amp
- دیوریت های فاقد کوارتز و فلدسپاتوئید کمیاب هستند.

- **آندربیت:** دیوریت هیپرستن دار
- **پلومازیت:** دیوریت کوارتز دار

سنگ‌های بازیک یا مافیک (گروه گابرو):

شبیه دیوریتها بوده ولی ۵۰٪ پلاژیوکلاز آن آنورتیت است.

- **گابرو معمولی:** Plg (Ca) + Cpx
- **نوریت:** Plg (Ca) + Opx
- **گابرونوریت:** Plg (Ca) +Cpx + Opx
- **تروکتولیت:** Olv +Plg (Ca)
- **ترالیت:** گابروی فلدسپاتوئیددار
- **آنورتوزیت:** گابرو با بیش از ۹۰٪ پلاژیوکلاز
- **ارتوگابرو:** فقط Cpx دارد
- **ارتونوریت:** پیروکسن آن هیپرستن است.
- **اوکریت:** گابروی آسمانی دارای An، Aug (اوژیت) و Hyp (هیپرستن).
- **بوژی ایت:** گابرو دارای Hbl + Bio

توجه:

آنورتوزیت معادل دیوریت هلولوکوکرات معادل گابروی هلولوکوکرات.

- **برونددریت:** نوعی ترالیت دارای نفلین (Ne)
- **سومائیت:** نوعی ترالیت دارای لوسیت Luc

کریانیت، لوگاریت، تچنیت: ترالیت حاوی آنالسیم

توجه:

سنگ‌های آلکالن فاقد Plg و سنگ‌های ساب آلکالن دارای F + Plg.

- **آنورتوزیت:** پلاژیو کلازیک: گابروی هلولوکوکرات = حاوی اوژیت و هیپرستن.

انواع سنگ‌های بازالتی:

فنوکریست آن Plg ± Px + Olv (۵۰٪ آن An)

- **آنکارامیت:** بازالت ملانوکرات با پیروکسن بالا
- **اوسانیت:** بازالت ملانوکرات با الیوین بالا
- **بازانیت:** بازالت فلدسپاتوئید دار با بیشتر از ۱۰٪ الیوین
- **تفریت:** بازالت فلدسپاتوئید دار با کمتر از ۱۰٪ الیوین

- **تاکی لیت:** بازالت شیشه‌ای (بسیار کمیاب)
- **پالاگونیت:** بازالت شیشه‌ای (دارای گوتیت و لیمونیت به رنگ زرد)
- **پیکریت:** حد واسط ملابازالت وپریدوتیت هستند.

☜ **توجه:**

- آنکارامیت و اوسانیت دارای ۶۰٪ < ضریب رنگینی هستند.
- بازالت لوکوکرات ← لابرادوریت
- بازالت ملانوکرات ←: Px آنکارامیت – Ol اوسانیت (بازالتهای پیکریتی).

- بازالت از نظر میکروسکوپی:
  - الیوین دار ← اوژیت غنی از تیتان
  - بدون الیوین ← اوژیت بی‌رنگ

سنگ‌های آذرین دارای فلدسپات F + فلدسپاتوئید f

در آن‌ها نفلین به جای آلبیت و لوسیت به جای ارتوز تشکیل شده است.

- **فلدسپاتوئید** ها (**f**):
  - **نفلین:** هم درونی و هم بیرونی (ایژولیت، نفلینیت)
  - **سودالیت** و **کانکرینیت:** درونی
  - **هائوئین** و **نوزآن:** بیرونی
  - **لوسیت:** بیشتر بیرونی
  - **آنالیسم:** درونی و بیرونی
  - **پسدولوسیت:** دارای بلورهای ریز Ne + Orth (f)

سنگ‌های آتش‌فشانی فلدسپاتوئید دار f

- **فونولیت:** سبزرنگ، دارای کاتوفوریت (آمفیبول سدیم دار قرمز)
- **لوسیتوفیر:** فنولیت لوسیت دار
- **نفلینیت:** هم‌ارز ایژولیت، شامل اتندیت: مزوکرات، آنکاراتریت: ملانوکرات

سنگ‌های آذرین نفوذی فلدسپاتوئید دار f:

- **ایژولیت:** Ne (نفلین) + اوژیت (Oj)
  - **لوکوایژولیت:** ۰-۳۰ (in. Col)
  - **ایژولیت:** ۳۰ -۷۰ (in. Col)
  - ملا یا **ملتا ایژولیت:** ۷۰-۹۰ (in. Col)
- **اورتیت:** Ne + ساخت آپلیتی
- **آلنوئیت:** ملیلیت + Bio + Oj + Olv
- **میسوریت:** Luc + اوژیت (Oj)

❁ **سنگ‌های الترابازیک:**

هلوملانوکرات شامل پریدوتیت – پیروکسنیت – هورنبلاندیت

- **دونیت**: پریدوتیتی متشکل از الیوین + کرومیت
- **ورلیت**: Cpx + Olv
- **هارزبورژیت**: Olv + برنزیت + Cpx
- **کرتلاندیت**: پریدوتیتی از Hyp + Cpx + Hbl + Ovl (هیپرستن)
- **کیمبرلیت**: پریدوتیتی دارای میکای قهوه‌ای
- **دیالاژیت**: فقط دارای پیروکسن (Cpx)

☜ **توجه:**

➢ **پریدوتیت** ها شامل:

✓ **دونیت**: Olv (الیوین)

✓ **ورلیت**: Di + Olv (دیوپسید) Cpx

✓ **هارزبورژیت**: Hyp + Olv (هیپرستن) Opx

✓ **لرزولیت**: Opx +Cpx + Olv

✓ **کرتلاندیت**: Am +Px +Olv (آمفیبول)

✓ **کیمبرلیت**: Bio + Px +Olv (بیوتیت) میکا

➢ **پیروکسنیت ها** شامل:

✓ **دیالاژیت**: Cpx (فقط)

✓ **هیپرستینیت**: Hy (فقط Opx)

✓ آریه **ژیت**: Gr +Hy +Cpx (گرونا)

➢ **آمفیبولیت ها** شامل:

✓ **هورنبلاندیت**: Hbl (فقط)

☜ **توجه:**

○ **Opx**: هیپرستن Hy، انستاتیت En و پیژونیت

○ **Cpx**: هدنبرژیت Hed، اوژیت Oji، دیوپسید Dio

☜ **توجه:**

✓ **کرتلاندیت**: Am + Px + Olv (آمفیبول)

✓ **کیمبرلیت**: Bio +Px + Olv (بیوتیت)

❁ **سنگ‌های آلکالی:**

سنگ‌های غنی از k سنگ‌های مدیترانه (نیگلی):

$$k = \frac{K_2o}{K_2o + Na_2o} \geq 0/4$$ ضریب نیگلی

- سنگ‌های **آلکالن فوق اشباع** از **Si**: کوارتز + کانی آلکالن، مانند گرانیت آلکالن و ریولیت.
- سنگ‌های **آلکالن اشباع** از **Si**: مانند سنگ‌های حد واسط، سی نیت و تراکیت آلکالن.
- سنگ‌های **آلکالن تحت اشباع** از **Si** که فلدسپاتوئید آن ۱۰٪ > است: مانند سینیت آلکالن فلدسپاتوئید دار.
- سنگ‌های **آلکالن تحت اشباع** از **Si** که فلدسپاتوئید آن‌ها بین ۶۰٪ - ۱۰٪: مانند گابروها و دیوریت های فلدسپاتوئید دار.
- سنگ‌های **آلکالن تحت اشباع** از **Si** که مقدار فلدسپاتوئید f آن‌ها ۶۰٪ < می‌باشد: مانند ایژولیت Ne.

❁ **لامپروفیرها:** سنگ‌های استثنائی

- ✓ علت نام‌گذاری براقی Bio (بیوتیت) می‌باشد.
- ✓ اکثر این سنگ‌ها به‌صورت دایک می‌باشند.
- ✓ معادل خروجی و درونی ندارند و نیمه عمیق می‌باشند.
- ✓ دارای کانی‌های آبدار (Act, Talk, Col, Bio,Hbl، ...) هستند.
- ✓ فنوکریست آن Ol, Px, Bio, Hbl می‌باشد.
- ✓ plg، F در خمیره آن موجود است.
- ✓ در آن‌ها $Na_2O + K_2O \rangle SiO_2$.
- ✓ دارای عناصر کمیاب می‌باشند.
- ✓ دارای رنگ تیره ومزوکرات (حدواسط) و ملانوکرات (تیره)

✓ لامپروفیرها:

- **آلکالن:**
  - **مونشی کیت:** اوژیت و کمی Hbl + شیشه و آنالیسم
  - **کامپتونیت:** اوژیت و کمی Hbl + فلدسپات (معادل سانائیت)
- **کالک آلکالن** یا **شوشونیتی** یا **عادی:**
  - **منیت:** اوژیت + Bio + F> Plg (معادل فوژزیت)
  - **کرسانتیت:** Bio، Plg > F
  - **اسپسارتیت:** Hbl، Plg > F
- **ملیلیتی:**

- ○ **آلنوئیت:** ملیلیت + Bio یا فلوگوپیت.
- ○ **پولزینیت:** ملیلیت + نفلین و هائوئین. تر

✓ ترکیبات کانی شناسی لامپروفیر:

کانیهای مافیکی فراوان				اجزای سازنده فلسیک	
ملی‌لیت، بیوتیت ± تیتان اوژیت، ± اولیوین، ± کلسیت	آمفیبول (بارکی - ویکیت، کارسوتیت)، تیتان اوژیت، اولیوین بیوتیت	هورنبلند، دیوپسید، اوژیت، ± اولیوین	بیوتیت، دیوپسید اوژیت، ± اولیوین	فوئید	فلدسپات
> ۷۰	> ۴۰	> ۳۵	> ۳۵	شاخص رنگ	
پولزنیت آلنوئیت	سانائیت کامپتونیت مونچی‌کوئیت	وُجزیت اسپسارتیت	مینیت کرسانتیت	فوئید <فلدسپات فوئید <فلدسپات شیشه یا فوئید	پلاژیوکلاز <ارتوکلاز ارتوکلاز <پلاژیوکلاز پلاژیوکلاز <ارتوکلاز ارتوکلاز < پلاژیوکلاز — —
ملی‌لیتیک	آلکالن	کالک‌آلکالن		نوع لامپروفیر	

❀ **لامپروئیت ها:**

- سنگ‌هایی شبه لامپروفیری که غنی از k, Mg می‌باشد.
- سه لامپروئیت شاخص عبارت‌اند از:

اورندریت، لژیدیت و وایو مینگیت

- سنگ‌های آن معادل لوسیتیت بوده که در ساختمان Luc، میزان بالایی از Si می‌بینیم.
- توجه داشته باشید که دارای خاصیت پرآلکالینیته قوی می‌باشند.
- این سنگ‌ها به‌صورت دایک، دیاترم و گاهی گدازه یافت می‌شوند.
- خصوصیات کانی شناسی لامپروئیت ها:
    - داشتن فلوگوپیت غنی از Ti، دیوپسید با Al ↑، لوسیت، آمفیبول با Al ↓، اولیوین سانیدین غنی از Fe، آمفیبولهای آلکالن و... ضمناً لامپروئیت ها فاقد پلاژیوکلاز، ملی لیت و نفلین می‌باشند.

❀ **کربناتیت ها:**

- سنگ‌هایی شامل ۵۰٪ کربنات و ۵۰٪ سیلیکات (Px, Ol)

✓ کربناتیتهای **Mg** دار ← دارای دولومیت زیاد.

✓ کربناتیتهای **Fe** دار ← دارای سیدریت بالا.

✓ کربناتیتهای **Ca** دار ← دارای کلسیت بالا.

- ✓ **ناتروکربناتیت** ← کربناتیت دارای K, Na (فقط ناتروکربناتیت خروجی است).

❁ **اسپیلیت ها:**

این سنگ‌ها در محیطی آبدار با سدیم زیاد بوجود می‌آیند، درنتیجه کانی‌های کلریت و آلبیت آن‌ها از کانی‌های اصلی محسوب می‌شوند.

❁ **کراتوفیرها:**

عموماً با اسپیلیت ها مشاهده می‌شوند که در حقیقت تراکیت های سدیم داری هستند که در اثر تفریق یک ماگمای بازیک تشکیل می گردند.

❁ **ویژگی‌های ماگمایی کیمبرلیتی:**

اولترامافیکی غنی از K، غنی از گازهای CO_2 و H_2O، میزان Na_2O کم نسبت K_2O/Na_2O زیاد غنی از عناصر ناسازگار و...

نکات سنگ‌شناسی آذرین:

- **آفانتیک:** ریزدانه
- **فانریتیک:** درشت‌دانه

- **پگماتیت:**
  - ✓ Li, Na: تورمالین و بریل (دارای منابع اقتصادی)
  - ✓ (Fe) Tur, Mus,Mic, Qtz: K

- **اسپودومن:** پیروکسن Li دار که در پگماتیت های سدیم و لیتیم دار دیده می‌شود.

- **اودلیت** یا **اوکلیت**: سیلیکات Na,Ca, Fe, Zr
- **لاوه نیت زرد:** سوروسیلیکات محتوی نیوبیوم
- **آستروفیلیت**: سورو سیلیکات حاوی تیتان Ti

- بافت **میارولیتی**: دارای حفرات زاویه‌دار (بیرونی)
- بافت **اسپینفکس**: الیوین تیغه‌ای که با اوژیت پر مانند احاطه شده است (بیرونی).

- **کوارتز پورفیر**: ریولیت قدیمی
- **ملافیر**: بازالت قدیمی
- **کراتوفیر**: تراکیت قدیمی
- **پورفیریت**: آندزیت قدیمی

گرانیت معمولی (کالک آلکالن)	ریولیت معمولی (کالک آلکالن)
گرانوریوریت ← Plg>Or	ریوداسیت ← Plg >Or
گرانیت مونزونیتی ← Plg = Or	ریولیت لاتیتی ← Plg = Or
گرانیت ساب آلکالن ← Plg<Or	ریولیت ساب آلکالن ← Plg<Or

سی نیت معمولی (کالک آلکالن)	تراکیت معمولی (کالک آلکالن)
سینو دیوریت = مانزریت ← Plg> Or	تراکی آندزیت=موژآریت ← Plg>Or
مونزونیت = دورماکیت ← Plg = Or	لاتیت ← Plg = Or
سینیت ساب آلکالن=پلوئونیت ← Plg<Or	تراکیت ساب آلکالن ← Plg <Or

- **توجه:**
  - ✓ پرتیت ← K بالا
  - ✓ آنتی پرتیت ← Na بالا
  - ✓ میزان افزایش آب ← ابسیدین< پیچستون < پرلیت
  - ✓ اپی دیوریت: گابرویی که تمام پیروکسنهای آن اورالیتی و پلاژیوکلازهای آن سوسوریتی شده است.
  - ✓ کلسیت کربناتیت دانه‌درشت: **سوئویت**
  - ✓ کلسیت کربناتیت دانه‌ریز: **آلویکیت**
  - ✓ آندزیت کالک آلکالن ← Cpx ← بازالت کالک آلکالن ← Opx
  - ✓ با دور شدن از گودال اقیانوسی به ترتیب مشاهده می‌کنیم:
    گودال ← سری تولیتی ← کالک آلکالن ← شوشونیتی ← آلکالن
  - ✓ **سری شوشونیتی (↑K و ↑Ti):**
    - آبساروکیت: $SiO_2 <$ ٪۵۰
    - شوشونیت: ٪۵۷ – ۵۰
    - لاتیت: $SiO_2 >$ ٪۵۷
  - ✓ **سری ساب آلکالن:**
    - سری تولئی ایت: Fe ↑
    - سری کالک آلکالن: Al ↑
  - ✓ عدم اعتبار توالی باون: فشار بالا (P ↑)، سری آگپائیتی، کوارتز همراه با فایالیت (Fa)
  - ✓ آپلیت و گرانیت آناتکسی مانند آلاسکیت، فاقد کانی تیره می‌باشند.
  - ✓ بافت‌ها:
    - ساب افتیک: طول Plg بیشتر از قطر Px
    - فلسیتیک: رشد توأم کوارتز و ارتوز
    - میرمکیتی: رشد کوارتز به‌صورت کرمی در فضای Plg

- محصول نهایی تفریق بازالتها در سطح زمین سنگی فاقد کوارتز و فلدسپاتوئید دیده می‌شود (تراکیت و فنولیت)

- بافت غالب سنگ‌های آندزیتی (آب بالا) پورفیری

- اگر ماگما فقیر از Si باشد، تشکیل شبه فلدسپات را داریم، Opx را نداریم.

- منحنی ذوب و انجماد ماگمای بازیک خشک و آبدار مثبت و ماگمای گرانیتی دارای منحنی منفی است.

- در ماگما فشار بالا ابتدا Hbl سپس Plg متبلور می‌شود.
- در ماگما فشار پایین ابتدا Plg سپس Hbl متبلور می‌شود.

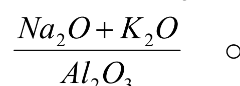
- ارتوز:
  - تحت فشار 2-2/5 تبدیل به ← ارتوز و لوسیت
  - تحت فشار ۴< تبدیل به ← فقط ارتوز

- مقیاس حرارتی فون کوبل:
  - ۱- آنتی موان (استی بین)،۲- کالکوپیریت،۳- گرونا (آلماندن)،۴- اکتینو، ۵- ارتوز، ۶- پیروکسن، ۷- کوارتز

- پولوسیت = زئولیت بیرنگ = کانی تیپومورف در پگماتیت ها

- توجه:
  - گرانولیت: دارای Opx، دارای Plg
  - اکلوژیت: دارای Cpx، فاقد Plg

- تبلور Bio در سری باون:
  - آب کمتر از ۱۰۲٪ Bio بعد از کوارتز متبلور می‌شود.
  - آب بین ۱۰۲٪ - ۳٪ Bio بعد از F و قبل از Qtz متبلور می‌شود
  - آب بیشتر از ۳٪ Bio قبل از F متبلور می‌شود.

- تبلور در توالی آگپائیتی عکس باون است:
  -  $nNa_2O + nK_2O \rangle nAl_2O_3$
  -  $\frac{Na_2O + K_2O}{Al_2O_3}$

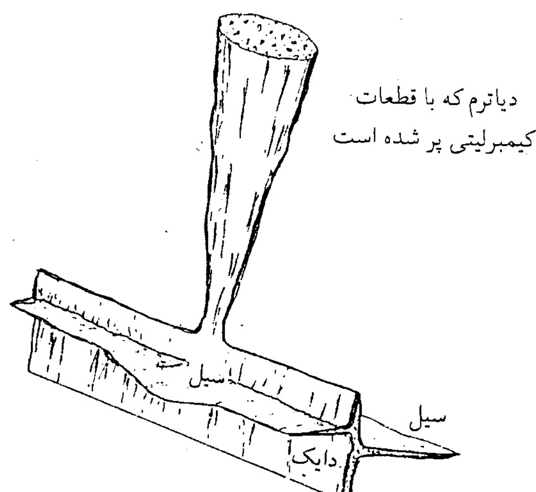
- ✓ سنگ‌های آذرآواری بدون دخالت آب مونوژنیک فاقد چینه‌بندی
- ✓ سنگ‌های آذرآواری با دخالت آب پلی ژنیک داری چینه‌بندی

آتش‌فشان‌ها

- آتش‌فشان‌ها غالباً در نقاطی به وجود می‌آیند که لیتوسفر وضعیت نامتعادل داشته باشد.
- گدازه‌های حاصل از فوران کوه وزوو تقریباً خمیری شکل و از نوع لوسیت‌دار است که کمبود سیلیس دارند و دارای فوران نقطه‌ای است.
- در فوران مونالوا گدازه به‌صورت سیال و فوران به‌صورت شکافی بوده است.
- فوران کوه پله، ابتدا با خروج خاکستر و گاز و سپس به‌صورت انفجاری بوده است.
- فوران کوه بزیمیانی مهیب‌ترین فوران انفجاری تاریخ معاصر است.
- مجموعه‌ای از سیل‌ها و دایک‌ها را می‌توان آثاری از آتش‌فشان نارَس دانست.

➢ **اجزای ساختمان آتش‌فشان:**

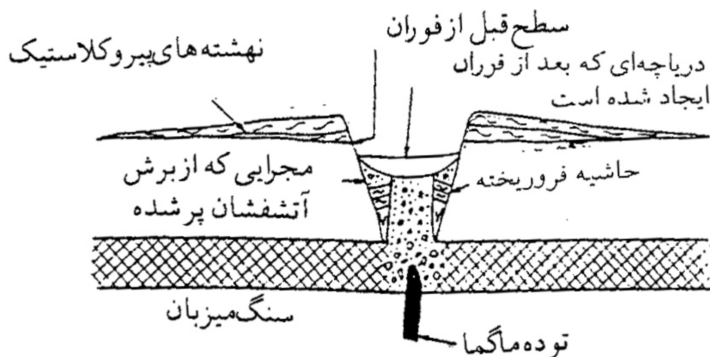
- **دودکش**: رابط ماده گداخته درونی با سطح زمین است.
- **نک:** بخش انتهایی قابل رؤیت دودکش را **نک** گویند.
- **پیپ:** دودکش‌هایی که به‌وسیله برش انفجاری پر می‌شود را **پیپ** یا **پایپ** گویند.
- **دیاترم:** دودکش‌های استوانه‌ای که قطر قاعده تحتانی آن کوچک‌تر از بخش‌های فوقانی است را **دیاترم** گویند که از سنگ‌های آذرین و یا برش پر شده است.
  - دیاترم ها در نتیجه عملکرد گازهای تحت فشار بوجود می‌آیند.
  - خروج بعضی توده‌های هیپرآلکالن که سرشار از آب و CO_2 می‌باشد نظیر کیمبرلیت‌ها، کربناتیت‌ها و... با تشکیل دیاترم همراه است.



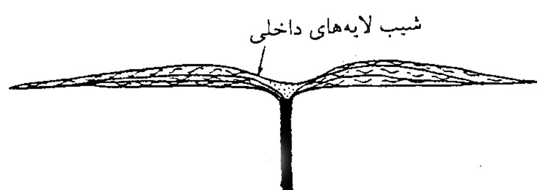
- **دهانه آتش‌فشان:**

۱) دهانه **دریاچه مانند** در آتش‌فشان نوع هاوایی دیده می‌شود.

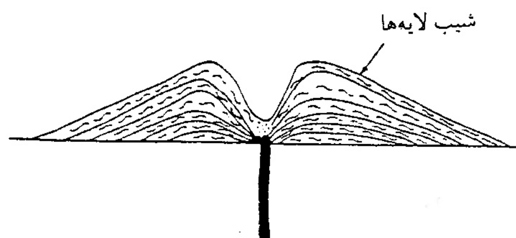
۲) **مآرها**: دهانه‌های انفجاری که بر اثر فوران آبدار به وجود می‌آید؛ به اشکال هلالی مآر **آنتی دون** گویند. در آنتی دون‌ها شیب تند به سمت جریان موج انفجار و شیب ملایم به سمت خارج است.



۳) **توف‌های حلقوی**: دهانه‌هایی که سطح فوران‌های قبلی را فرا گرفته و شیب داخل و خارج یکسان دارند و اساساً بازالتی‌اند.



۴) **مخروط‌های توفی**: اشکال مخروطی از مواد انفجاری؛ در مناطقی تشکیل می‌شود که آب‌های سطحی در تراز بالایی از مجرای خروج قرار گرفته باشد.



۵) **دهانه دروغین:** هنگامی‌که گدازه‌های بازالتی به آب دریاچه وارد می‌شوند، بوجود می‌آیند.

۶) **کالدرا:** گودی‌هایی که در ساختمان آتش‌فشان پدید می‌آید.

- **کالدرای انفجاری:** بر اثر انفجار و تراکم و فراوانی گازهای تحت فشار، دهانه وسیعی ایجاد می‌شود. مثال: آتش‌فشان باندایی سان در ژاپن
- **کالدرای ریزشی:** فراوان‌ترین انواع کالدرا، بر اثر ریزش سقف آشیانه ماگما به وجود می‌آید؛ مثال: سبلان، دماوند.

- **کالدرای فرسایشی:** بر اثر فرسایش جوی و یخچالی و بادی بوجود می‌آید، عموماً کمیاب‌اند و در آتشفشانهای قدیمی دیده می‌شود.

- **مخروط آتش‌فشان:**

- **استراتو ولکان:** مخروط‌های مرکب و لایه‌لایه که نتیجه فوران‌های آذرآواری و جریان گدازه بوجود می‌آیند و مشخص حاشیه صفحات فرورانش هستند.
- **سوما:** آتش‌فشان لایه‌لایه مرتفع دایره‌ای شکل و دهانه دار است، زمان استراحت آتشفشانهای لایه‌لایه معمولاً ۲ برابر زمان فعالیتشان است. ترکیب آن‌ها عمدتاً کالکو آلکالن و از آندزیتهای بازالتی تا آندزیت و داسیت است.
- **پویی:** به معنی محل مرتفع در زبان فرانسه است.

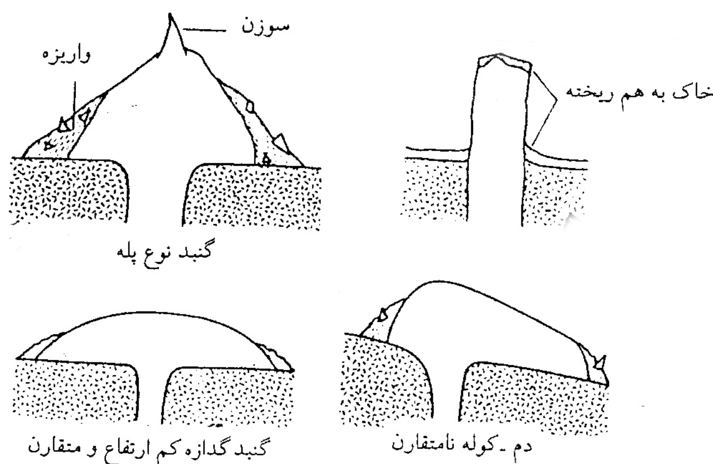
☜ ضریب گسترش عبارت است از نسبت ارتفاع (H) به شعاع (R) سطح قاعده مخروط آتش‌فشان اگر $H/R<1$ در این صورت مخروط و محتملاً جریانی از گدازه خواهیم داشت. اگر $H/R=1$ باشد، در اینصورت توده‌های خروجی در اطراف روزنه خروج گنبد تشکیل می‌دهند. اگر $H/R>1$ باشد، به جای مخروط، اشکال سوزنی داریم.

☜ مهم‌ترین عامل که در ضریب گسترش تأثیر دارد ویسکوزیته یا گرانروی است.

☜ ضریب انفجار نیز به گرانروی بستگی دارد و عبارت است از درصد مواد آذرآواری به‌کل مواد جامدی که از دهانه آتش‌فشان خارج می‌شود.

- **گنبد:**

- اگر مواد گداخته در اطراف نقطه خروج به‌صورت برآمدگی متقارن و نسبتاً مرتفع درآید. گنبد یا دم آتش‌فشان بوجود می‌آید که اختصاص به انواع ویسکوز و اسیدی دارد.
- **لاوادم:** اکسترزیون پهن، مسطح، متقارن و کم ارتفاع است.
- **کوله:** اکسترزیون ضخیمی که به علت شیب زمین در یک سمت به جریان می افتند و سطح آن موج‌دار و چین‌خورده است.
- **پلاگ:** توده‌های سنگی که مانند پیستون به بالا می‌آیند و پس از خروج تغییر شکل نمی‌دهند و در رأس آن نوعی منشور بندی مارپیچی دیده می‌شود.



- **اقسام ماگما:** ماگما شامل، مواد مذاب سیلیکاتی، عناصر فرار، انکلوزیونهای گازی حاصل از بخار آب، گازهایی که در ایجاد رگه‌های معدنی نقش عمده دارد، می‌باشد.
  - **ماگمای بازیک:** مقدار سیلیس کمتر از ۵۲ درصد، ویسکوزیته کم، دما زیاد با عناصر فرار اندک.
  - **ماگمای اسیدی:** مقدار سیلیس بیش از ۶۳ درصد، ویسکوزیته زیاد و حاوی گاز و مواد فرار نسبتاً زیاد و دمای کمتر از ماگمای بازیک.
  - **ماگمای حد واسط:** بین ۵۲– ۶۳ درصد سیلیس و اختصاصات فیزیکی حد واسط بین ماگمای بازیک و اسیدی دارد.

- **منشأ ماگما:** برحسب موقعیت ۳ مکانیسم در ایجاد ذوب مؤثر است:
  - **افزایش دما در اثر فشار ثابت:** گرمای حاصل از حرارت درونی زمین و تشعشع مواد رادیواکتیو باعث تضعیف پیوندهای اتمی می‌شود.
  - **کاهش فشار در دمای ثابت:** صعود مواد سازنده گوشته به شکل جریان جابجایی یا دیاپیری که با کاهش فشار توأم است.
    - ✓ در گوشته زمین عملکرد فشار بیش از تأثیر گرماست.
    - ✓ اگر کاهش فشار با کاهش دما همراه نباشد می‌تواند، موجب ذوب بخشی گوشته شود.
  - **ازدیاد مواد فرار نظیر آب:** یک سنگ آبدار نسبت به سنگ خشک شاید در دمای کمتر، ذوب شود.
  - **ذوب در نتیجه حرکت اصطکاکی:** درنتیجه ایجاد استرس برشی در لایه‌هایی با اختصاصات فیزیکی متفاوت تغییر شکل غیریکنواخت بروز می‌کند و هر لایه با سرعت متفاوتی تغییر شکل می‌دهد.

- **رابطه بین شکل آتش‌فشان و ترکیب گدازه‌ها:**

- **بازالت های جلگه‌ای:** از وسیع‌ترین فوران‌های منفرد است و گدازه‌های سازنده‌ی آن از ویسکوزیته بسیار کمی برخوردار است.
- **مخروط خاکستر:** اساساً در اثر دخالت آب بوجود می‌آید.
- **آتش‌فشان‌های ریولیتی:** فاقد مخروط مرتفع هستند آن‌ها را آتش‌فشان‌های وارونه در نظر می‌گیرند. این آتش‌فشان‌ها خاص مناطق کششی است، مانند ریفت ها، گرابن ها و حاشیه حوزه‌های قاره‌ای به شمار می‌آیند.
  - ✓ چشمه‌های آبگرم آتش‌فشان‌های ریولیتی محیط مناسبی برای تشکیل طلا و نقره با منشأ گرمابی هستند.
- **روانه‌های گوگردی:** آتش‌فشان‌هایی که ترکیب آندزیتی یا داسیتی داشته باشند مقدار زیادی گوگرد در اطراف قله خود ته‌نشین می‌کنند.
- **روانه‌های ما نیتیتی:** به‌شدت حفره‌دار و منظره طنابی شکل در سطح دارند.
  - ✓ معدن آهن اسفوردی از روانه مانیتیتی ناشی شده است.

➢ **ایالت سنگ‌شناسی:**

- ۞ منطقه وسیعی که در طی یک دوره فعالیت ماگمایی، سنگ‌های آذرین هم‌خانواده در آن نفوذ کرده یا از آن خارج‌شده باشد. مثال: ایالت سنگ‌شناسی توله
- ۞ سنگ‌های یک ایالت سنگ‌شناسی اصولاً از یک ماگمای مشترک به وجود آمده و نسبت به هم، هم‌خون هستند. مثال: کمپلکس بوشولد

➢ **سری سنگ‌های آتش‌فشانی:**

- بنا به پیشنهاد سنگ شناسان انگلیسی ۳ سری سنگ‌شناسی آتش‌فشانی وجود دارد:
  1. سری پاسیفیک: سری کالک آلکالن
  2. سری آتلانتیک: آلکالی
  3. سری مدیترانه: پتاسیک.
- سنگ‌های آذرین مناطق کوهزایی بیشتر کلسیک هستند و سنگ‌های نواحی غیر کوهزایی آلکالن می‌باشد.
- **خط آندزیت:** خطی فرضی است که سنگ‌های حاشیه اقیانوس کبیر (مجموعه کالک آلکالن) را از سنگ‌های داخل اقیانوس کبیر (مجموعه آلکالن) جدا می‌کند.

سری آتلانتیک	سری پاسیفیک	سری مدیترانه‌ای
الف: بازالت اولیوین‌دار	الف: بازالت	الف: تراکی بازالت الیوین‌داز
بازالت	آندزیت	تراکی آندزیت
تراکی آندزیت	داسیت	لاتیت
تراکیت	ریوداسیت	تراکیت
تراکیت سدیک	ریولیت	تراکیت پتاسیک
ب: نفلینیت اولیوین	ب: آندزیت	ب: ملی لیتیت لوسیت‌دار
نفلینیت	داسیت	لوسیتیت
تفریب نفلین‌دار	ریوداسیت	تفریت لوسیت‌دار
فنولیت نفلین‌دار	ریولیت	فنولیت لوسیت‌دار

موقعیت تکتونیکی	سری ماگمایی
ریفت های اقیانوسی	تولیتی و گاهی آلکالن
ریفت های قاره‌ای	تولیتی، آلکالن، پرآلکالن
منطقه فرورانش	کالک آلکالن، تولیتی و به‌ندرت آلکالن
درون صفحه قاره‌ای	تمام سری‌ها به‌استثنای کالک آلکالن

- **ویژگی‌های ژئو شیمیایی یک ماده مذاب تابع عوامل زیر است:**
  ۱- درصد ذوب بخشی
  ۲- عمق منبع ذوب
  ۳- ترکیب ماده‌ای که ذوب می‌شود
  ۴- رژیم حرارتی موجود
  ۵- دخالت سیالات

- بنا بر رابطه **ریتمن-کونو:** هرقدر از اقیانوس به سمت قاره پیش برویم بر مقدار آلکالن به‌ویژه پتاسیم افزوده می‌شود، در وسط اقیانوس‌ها (بازالت تولیتی) و در حاشیه قاره‌ها سری‌های کالک آلکالن و در قاره انواع آلکالن وجود دارد.
- شدت فوران هر آتش‌فشان یا برحسب انرژی آزاد شده (E) و یا مواد خروجی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

$$E=Vj(T\alpha+\beta)$$

V: حجم گدازه — α: گرمای ویژه گدازه

β: گرمای نهان گدازه — T: دمای گدازه

✓ در مورد مواد خروجی جامد فرمول به این صورت درمی‌آید: $E=VgT\alpha$

- **اقسام فوران‌های آتش‌فشانی:** شامل سپری، استرومبولی، پله و انفجاری است.

- **سپری یا هاوایی:** مخروط آن کم ارتفاع ولی سطح قاعده وسیعی دارد و ویژگی آن برون‌ریزی آرام مواد مذاب است، ترکیب گدازه‌ها عمدتاً بازالتی است؛ مثال: مونا لوا و کیلوئه
- **استرومبولی:** مخروط آن‌ها از قطعات پرتابی و گدازه تشکیل شده است. انفجارها زیاد ولی منقطع است. فاسیس های مخروط استرومبولی شامل:
  - **فاسیس قله مخروط:** فاقد لایه‌بندی و نظم دانه‌ای به رنگ قرمز است.
  - **فاسیس پای مخروط:** فاقد مواد دانه‌درشت و دارای لایه‌بندی و رنگ سیاه یا خاکستری دارند.
  - **فاسیس سوپو دراژ (پودر پاشی):** دارای بیش از ۹۵ درصد لاپیلی حفره‌دار سبک فاقد لایه‌بندی مشخص است و رنگ آن سیاه است.
  - **فاسیس جابجایی:** شامل قطعات پرتابی جابجا شده و شاخص حاشیه صفحات در مناطق فرورانش هستند.
- **نوع پله:** مواد خمیری از خود خارج می‌کنند و گنبد یا سوزن تشکیل می‌دهند.
  - ✓ پرلیت پومیسی یا پومیس های لایه‌لایه نشانه خروج آرام گاز است.
- **نوع انفجاری شدید:** گدازه دارای ویسکوزیته زیاد و با گازهای فراوان همراه است و شامل نوع ولکانو (اساساً آندزیتی تا داسیتی) و نوع پلینی و سورستی (نتیجه فوران مواد مذاب در تماس با آب)
  - ✓ ایگنمبریت مشخص تمام برش‌های پونسی است که از ابر به وجود می‌آیند.

☜ **فوران‌های خطی غیر انفجاری:** جنس گدازه این نوع فوران‌ها بیشتر بازالتی (تولئی ایت) و بسیار روان است و به بازالت طغیانی معروف است و با توجه به گستردگی زیاد آن را تراپ می‌نامند. مهم‌ترین ویژگی سنگ‌شناسی این بازالت ها نداشتن نفلین و سیلیس زیاد و آهن است.

☜ **فوران‌های زیردریایی:** وجود ژیزمان های بالشی از اختصاصات فوران‌های زیردریایی است.

☜ **فوران‌های زیر دریاچه‌ای:** این فوران تشکیلات آذرین خاصی را به وجود می‌آورد که به آن پپریت گویند و از دو بخش (۱) آتش‌فشانی (قطعات گدازه)؛ (۲) رسوبی (سیمان مارن–آهکی و سیلیس) تشکیل شده است.

- ✓ رنگ قرمز و گدازه هوادار نشانه فوران هوایی است.
- ✓ گدازه بالشی و گدازه زئولیت دار سبز معرف فوران در محیط آبی است.

☜ **فوران‌های زیر یا داخل یخچالی:** ترکیب شیمیایی از بازالت تا ریولیت متغیر است، فوران‌های بازالتی به دو شکل دیده می‌شود: (۱) تنیدا (پشته‌های شیب‌دار)؛ (۲) تویا (پشته‌های کم شیب صفحه‌ای شکل).

➢ **گازهای آتش‌فشانی**

- با کاهش فشار حلالیت گازها کاهش می‌یابد و درنهایت پدیده وزیکو لاسیون رخ می‌دهد.
- پدیده سوبلیمه شدن که بر اثر آن گازهای آتشفشانی، کانی‌هایی بر سطح مجرای عبور بر جا می‌گذارند که ممکن است در تعیین ترکیب گازهای آتشفشانی بکار رود.
- نحوه به دست آوردن گازهای اصلی آتشفشانی در مورد نوع هاوایی؛ گاز مستقیماً از سطح دریاچه گدازه به دست می‌آید و در نوع استرومبولی از تجزیه گدازه‌های تازه به دست می‌آید.
- گازهای آتشفشانی احیاکننده هستند که فراوانی آهن دو ظرفیتی در ماگما مؤید این مطلب است.
- **سولفاتارها:** خروج بخار آب سولفید هیدروژن دمای ۹۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد که در تمام مناطق آتشفشانی دیده می‌شود؛ یکی از اهمیت‌های اصلی خروج بخار آب استخراج اسید بوریک است.
- **موفت:** فومرول های سرد که از هوای معمولی کمی گرم تر است
- **ژیزر:** عبارت است از پرتاب آب سفره‌های آبدار که به دمای جوش رسیده باشد.

➢ **زمان بین دو فوران به عوامل زیر بستگی دارد:**

۱) قطر شکاف‌ها
۲) سرعت پر شدن شکاف‌ها به‌وسیله آب‌های سطحی
۳) مقدار گاز و بخار آب که در واحد زمان به شکاف وارد می‌شود
۴) درجه زمین‌گرمایی منطقه

➢ **سرد شدن گدازه**

- سرد شدن سریع سبب تولید شیشه‌های آتشفشانی می‌شود.
- هرگاه بخش سطحی گدازه نیمه جامد باشد و به‌وسیله جریان‌های زیرین حمل گردد، گدازه قطعه‌قطعه، شکل می‌گیرد.

➢ **انواع گدازه‌ها**

- گدازه **اسکوریا** یا **آآ:** گدازه‌ای با سطح خشن و ناهموار به‌صورت قطعات با رنگ تیره و مات و حاشیه نامنظم و خمیده
- گدازه **صاف** یا **پاهوهو:** گدازه روان، فاقد گاز با سطح صاف و هموار
- گدازه **تو مولوئید** یا **قبر مانند** بر اثر جریان آخرین مرحله حرکت در مناطق مسطح یا در پیشانی روانه و بر اثر افزایش فشار هیدروستاتیک، بادکردگی و جوانه‌هایی تولید می‌کنند که بر اثر انقباض منظره چندوجهی به خود می‌گیرند که به آن **تومولوئید** گویند.
-

- مخروط‌هایی کوچکی از اسکوری که بر اثر خارج شدن گاز به همراه انفجار ضعیف از گدازه در حال سرد شدن حاصل می‌شود **هورینیتو** نام دارد.

- به خاک‌های قدیمی و پخته شده و تغییر رنگ یافته که در قسمت تحتانی گدازه تشکیل می‌شود **خاک فسیل** یا **پالئوسل** گفته می‌شود.
- اشکال بالشی مشخص فوران‌های زیردریایی بازالت ها و آندزیت ها و تفریت ها است و نشانه سرد شدن سریع ماگمای سیال در مجاورت با آب و رسوبات لجن مانند کف دریاست و شکل بالش‌ها مربوط به کشش سطحی گدازه است و در شناسایی کف دریای قدیمی مفید است.
- شکستگی‌های هرم مانند که در هنگام انجماد در بالش‌ها بوجود می‌آیند که رأس آن متوجه مرکز و قاعده آن در سطح بالش قرار دارد.
- اندازه بالش‌ها تابع ۲ عامل است:۱–فشار زیاد گدازه ۲–سرد شدن سریع
- سرد شدن سریع گدازه‌های اسیدی و ویسکوز تولید شیشه‌های آتشفشانی می‌کند که به آن منظره پرلیتی می‌دهد.

مواد جامد (منفصل) آتشفشانی

- کلیه پرتابه‌های منفصل و ناپیوسته را **تفرا** گویند.
- تفاوت بلوک و بمب در آن است که اولی به‌صورت جامد و دومی به‌صورت مایع از دهانه پرتاب می‌شود.
- قطعاتی که قطر آن‌ها ۶۴ تا ۲۵۶ میلی‌متر و بزرگتر باشد، **تخته‌سنگ** نام دارد و به تخته‌سنگ حفره‌دار **اسکوری** گویند.
- ذرات با قطر بین ۲ تا ۶۴ میلی‌متر **لاپیلی** نامیده می‌شود و انواع لاپیلی حفره‌دار **پوزولان** نام دارد.
- **پوکه معدنی** نوعی لاپیلی حفره‌دار است که از گدازه اسیدی حاصل شده است.
- ذرات با قطر ۰,۰۶ تا ۲ میلی‌متر خاکستر درشت و ذرات با قطر کمتر از ۰,۰۶ را **خاکستر ریز** گویند.
- اگر رسوبات **توفیت** منشأ دریاچه‌ای داشته باشد **سینریت** نامیده می‌شود.

مواد جامد به هم پیوسته آتشفشانی

- سنگ‌های به هم پیوسته که قطعات سازنده آن در حد تخته‌سنگ و زاویه‌دار است، **برش** نام دارد.
- درصورتی‌که میانگین اندازه قطعات کمتر از ۶۴ میلی‌متر باشد، **توف** نام دارد و شامل انواعی مانند:
  - **توف شیشه‌ای** (با قطعات شیشه و پونس فراوان)
  - **توف بلورین** (دارای قطعات بلورین فراوان)
- اگر اندازه پیرو کلاستها بیش از ۶۴ میلی‌متر باشد و از قطعات مدور تشکیل شده باشد، این سنگ به هم پیوسته **آگلومرا** نام دارد.

- **نهشته‌های ولکانی کلاستیک:** این نهشته‌ها از نظر زایشی به ۳ دسته تقسیم می‌شوند:
  - **اتوکلاستیک ها:** در نتیجه حرکت و جریان گدازه در سطح زمین و یا انفجارات آتشفشانی و تخریب گنبد و سوزن به وجود می‌آید
  - **پیروکلاستیک های ریزشی:** از سقوط و ته‌نشینی پرتابه‌های آتشفشانی تشکیل می‌شود.
  - **پیروکلاست های جریانی** خود به ۳ دسته تقسیم می‌شود:
    - **ایگنمبریتها:** توفهای جوش خورده با ترکیب اسیدی و بسیار سیال؛ لایه‌های ایگنمبریتی به‌طور جانبی به توفهای پومیسی و جوش نخورده تبدیل می‌شوند، عامل اصلی تشکیل مذاب‌های ایگنمبریتی پدیده سیال شدن ماگمای اسید است.
      - ✓ ایجاد درز و شکاف و شکستگی‌های خطی از اختصاصات فوران‌های ایگنمبریتی است.
    - **نهشته‌های موجی:** این نهشته‌ها در ارتباط با فوران‌های فراتو ماگمایی (در اثر تماس ماگما با آب‌های زیرزمینی یا سطحی) هستند.
    - **لاهار یا جریان گل‌های آتشفشانی:** به سیل‌هایی از گل آتشفشانی که نهشته‌های آن فاقد چینه‌بندی و جور شدگی است و ممکن است سرد یا گرم باشد.
      - ✓ نهشته‌های ریزشی مانند برف همه‌جا را می‌پوشانند اما نهشته‌های جریانی فقط در گودی‌ها انباشته می‌شود.
- **مواد منفصل آتشفشانی**
  - **خاکستر:** مواد نرم پودری شکل که از دانه‌های ریز گدازه یا خرد شدن سنگ‌های جدار دودکش حاصل می‌شود. گسترش این مواد به‌شدت انفجار و وزش باد بستگی دارد.
  - **پونس یا پومیس:** قطعات جامد شیشه‌ای، سبک، حفره‌دار که از ماگمای ویسکوز و اسیدی که تحت فشار زیاد باشد و دهانه ناگهان باز شود حاصل می‌شود.
    - ✓ **سنگ‌پا** نوعی پومیس است که از گدازه حد واسط تا بازیک به وجود آمده است.
  - **اسکوری:** قطعاتی که به‌صورت مایع پرتاب و سریعاً سرد شده و تعداد حفرات آن کمتر از پومیس است. دیواره اسکوری ضخیم‌تر و وزن آن بیشتر از پونس است.
  - **بمب:** قطعات گدازه که در اثر پرتاب به حالت جامد در می‌آید و شکل آن تابع غلظت گدازه است
    - ✓ ماگمای غلیظ تولید بمب‌های قشر نانی می‌کند.
  - **اشک‌های گدازه:** یخ‌های نازک شیشه‌ای که از گدازه خیلی روان‌تر است.
  - **لاپیلی:** قطعات با قطر بین ۲ تا ۶۴ میلی‌متر

✓ رابطه بین دما و ترکیب ماگما: در نواحی دما بالا و نزدیک به ستیغ اقیانوس، بازالتها سیلیس زیادتری دارند.

➢ **مرز بین صفحات و عملکرد آن‌ها**

۱. **مرزهای همگرا (فرورانش):** محل وقوع آتشفشانهای بازالتی و تجدید پوسته اقیانوسی هستند، به آتش‌فشان در حاشیه این صفحات، آتش‌فشان کمپرسیونی گویند. ۴ حالت در این مرز رخ می‌دهد:

۱) فرورانش یک صفحه اقیانوسی به زیر صفحه اقیانوسی دیگر

۲) فرورانش صفحه اقیانوسی به زیر قاره‌ای: لیتوسفر در امتداد بنیوف به زیر صفحه قاره‌ای کشیده می‌شود و با گسترش آتش‌فشان‌های عظیم آندزیتی و ضخامت زیاد لبه قاره‌ای کشیده می‌شود و با گسترش آتشفشانهای عظیم آندزیتی و ضخامت زیاد لبه قاره‌ای توأم است. این آتش‌فشان‌ها غالباً انفجاری‌اند و استراتوولکان هایی را با مخروط مرتفع و قطر قاعده بزرگ به وجود می‌آورد.

۳) فرورانش صفحه اقیانوسی به زیر قاره‌ای: با پیدایش جزایر قوسی (حدفاصل بین گودال اقیانوس و قاره مجاور)، در جلوی قاره به ترتیب: دراز گودال، جزایر آتشفشانی، دریای حاشیه‌ای به وجود می‌آید.

۴) برخورد دو صفحه قاره‌ای: در محل برخورد چین‌خوردگی و گسل اتفاق می‌افتد و ضخامت لیتوسفر زیاد می‌شود.

۲. **مرزهای واگرا:** محل وقوع زلزله و آتش‌فشان است؛ به آتش‌فشان در حاشیه این صفحات کششی یا ریفتی گویند که شامل ریفت های اقیانوسی و قاره‌ای است.

✓ شواهد دال بر گسترش کف اقیانوس‌ها شامل:

- وجود جزیره آتشفشانی
- گسل‌های دگرشکلی که بر پشته میان‌اقیانوسی عمود است
- گی یوها مخروط‌های کامل (سی مونت) و ناقص (گی یو) که با ستیغ کف اقیانوس ارتباط نداشته باشد.

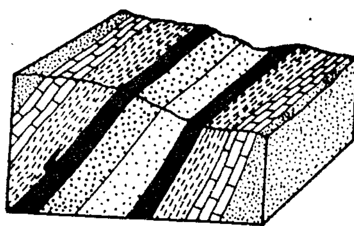
۳. **مرزهای تغییر و تبدیل:** در این مرز صفحات از کنار هم عبور می‌کنند و در امتداد این گسل‌ها مرزهای واگرا و هم گرا با هم‌جفت و جور می‌شوند. به آتش‌فشان در این مناطق **اینترا پلیت** یا **میان‌قاره‌ای** گویند. آتشفشانهای قدیمی که بر اثر مکانیسم نقاط داغ بوجود آمده‌اند بازیک تر و دارای TiO_2 بیشتری هستند.

- **آتش‌فشان‌های قاره‌ای:** عموماً آلکالن یا کالک آلکالن هستند و انواع آندزیتی فراوان‌تر است، مقدار آلکالن به سمت قاره افزایش می‌یابد و بر اثر ذوب بخشی گوشته فوقانی، در فشار زیاد تولید می‌شود.
- **آتش‌فشان‌های جزایر قوسی:** به زون لرزه‌ای بنیوف وابسته‌اند و فعالیت آن‌ها اکثراً بازالتی است و به‌صورت کمانی است که قسمت مقعر به سمت خشکی و قسمت محدب آن به سمت اقیانوس است.
  - ✓ **اختصاصات جزایر قوسی شامل:** فعالیت انفجاری –کانون عمیق لرزه‌ای – شدیدتر بودن گستره جریان حرارتی از سمت قاره – منفی بودن ناهنجاری ثقلی در سمت قاره–ژرفای زیاد در سمت اقیانوس.
- **آتش‌فشان‌های اقیانوسی:** ماگمای مادر آن تولئیت اقیانوسی است و مقدار K_2O آن بسیار کم است.
- **آتش‌فشان جزایر اقیانوسی:** این جزایر از نوع آلکالن است و به‌صورت کلاهکی روی گدازه‌های تولئیتی قدیمی را پوشانده است.
- **آتش‌فشان‌های پشته میان‌اقیانوسی:** ترکیب آن اساساً از بازالت (M.O.R.) است و با محور پشته میان‌اقیانوسی موازی است.
  - ✓ در نوارهای کوهزایی قدیمی، باقیمانده پوسته اقیانوسی به‌صورت منشورهای به هم افزوده یا قطعات مجزا بر روی لبه صفحه رو رانده و توفهای آتشفشانی پدید می‌آید.
- **آتش‌فشان‌های وسط صفحه اقیانوسی:** نوع گدازه‌ها بازالتی و ترکیب آن‌ها متفاوت است و به‌صورت سی مونت یا رشته جزایرآتشفشانی پدید می‌آید.
- **آتش‌فشان وسط صفحه قاره‌ای:** ترکیب آن‌ها اساساً بازالت است که به‌صورت پهنه وسیعی ظاهر می‌شود و به آن بازالت جلگه‌ای و یا بازا لت طغیانی گویند.
- **آتش‌فشان‌های ریفتهای قاره‌ای:** ترکیب سنگ‌شناسی متنوع دارند، در ابتدا شرایط قاره‌ای و سپس با فرونشستن گرابن میانی شرایط دریایی برقرار می‌شود.
- **آتش‌فشان حاشیه قاره‌ای:** ترکیب آن بیشتر از نوع کالک آلکالن است و وفور آتشفشانهای اسیدی و گرانیتوئید های همزمان دال بر دخالت پوسته در تولید مواد مذاب است.
- **آتش‌فشان جزایر قوسی:** به‌موازات محور دراز گودال‌های اقیانوسی قرار دارد و به ترتیب بعد از گودال شامل: منطقه منشور به هم افزوده، قوس جبهه‌ای، دریای حاشیه‌ای و قوس بر جامانده است.
  - ✓ سنگ **بو کینیت** (بازا لت یا آندزیت غنی از منیزیم، کرم و نیکل) به‌عنوان ماگمای اصلی جلوی قوس‌های آتشفشانی معرفی‌شده است.
- **آتش‌فشان‌های منفرد کف اقیانوس:** سنگ‌های آتشفشانی آن غالباً از نوع سدیک و بعضاً تا فنولیت تفریق یافته‌اند و در موارد نادر از نوع آلکالن پتاسیک است.

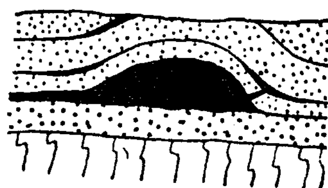
پیوست:

- **اشکال توده‌های نفوذی:**

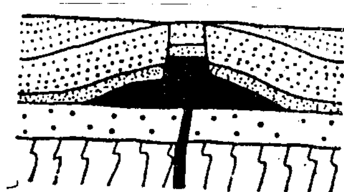
- **دایک:** توده نفوذی لایه‌ای شکل که طبقات سنگ درون‌گیر خود را قطع کرده‌اند و شامل انواع مخروطی، شعاعی و حلقوی می‌باشند.
- **باتولیت:** توده نفوذی بسیار بزرگی که قطرشان متناسب با عمق افزایش می‌یابد و مثال آن **توده الوند** است.
- **سیل:** اگر مواد گداخته‌ی تزریقی با لایه‌های رسوبی هم‌جهت باشد (شکل زیر).
    - ماگمایی که به سطح زمین نمی‌رسد؛ درشبکه های درز و شکاف (دیاکلاز) و بین لایه‌ها تزریق می‌شود.



- **لاکولیت:** توده نفوذی عدسی شکل که با سنگ‌های درون‌گیر هم‌شیب می‌باشند (شکل زیر).



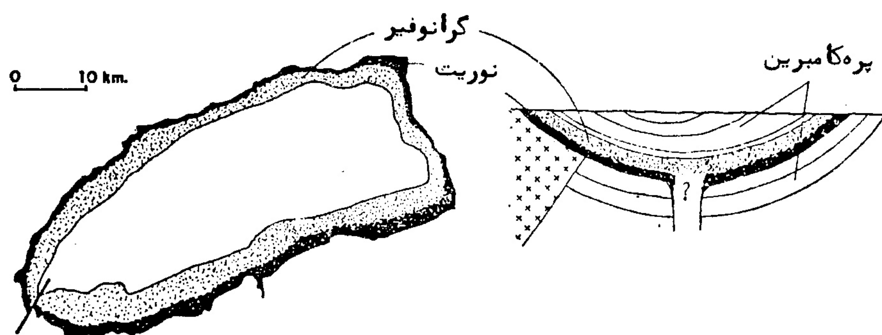
- **بیسمالیت:** لاکولیتی است که سقف آن به‌طرف بالا جابجا شده است (شکل زیر).



- **فاکولیت:** مواد مذابی که فضای کم‌فشار بین طبقات چین‌خورده را در امتداد لولای چین پر می‌کند. (شکل زیر)



- **لوپولیت:** اشکالی از انجماد مواد گداخته که به‌صورت ناودیس در بین لایه‌های رسوبی تزریق می‌شود.



فهرست منابع سنگ‌شناسی آذرین:

۱- پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های آذرین، دکتر معین وزیری و علی احمدی - دانشگاه خوارزمی

۲- نام‌گذاری و طبقه‌بندی جامع سنگ‌های رسوبی، آذرین و دگرگونی، دکتر آدابی و دکتر کریم پور، دانشگاه فردوسی مشهد و دانشگاه شهید بهشتی

۳- پترولوژی سنگ‌های آذرین، دکتر کریم پور - دانشگاه فردوسی مشهد

۴- سنگ‌شناسی (جلد ۱ و ۲)، دکتر سرابی، دکتر ایران پناه، دکتر زرعیان، دانشگاه تهران

۵ - سنگ‌شناسی آذرین، فلوریز خیری، انتشارات دانشگاه پیام نور